

VŠB - Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra obrábění a montáže

**RACIONALIZACE VÝROBY ROTAČNÍCH SOUČÁSTÍ**  
**(RATIONALIZATION OF PRODUCTION OF ROTARY**  
**COMPONENTS)**

Student:

Martin Čermák

Vedoucí bakalářské práce:

doc. Ing. Vladimír Vrba, CSc.

Ostrava 2012



VŠB - Technická univerzita Ostrava  
Fakulta strojní  
Katedra obrábění a montáže

## Zadání bakalářské práce

Student: **Martin Čermák**  
Studijní program: B2341 Strojírenství  
Studijní obor: 2303R002 Strojírenská technologie  
Specializace: 70 Strojírenská technologie  
Téma: **Racionalizace výroby rotačních součástí**  
**Rationalization of Production of Rotary Components**

Zásady pro vypracování:

1. Obecná charakteristika daného problému.
2. Problematika obrábění přesných rotačních součástí velkých rozměrů.
3. Návrh progresivní technologie výroby vybrané součásti.
4. Diskuze experimentálních prací.
5. Technicko-ekonomické zhodnocení.

Seznam doporučené odborné literatury:

- [1] NESLUŠAN, M.; TUREK, S.; BRYCHTA, J.; ČEP, R.; TABAČEK, M. *Experimentálne metódy v trieskovom obrábání*. Žilina : EDIS Žilina, 2007. 343 s. ISBN 978-80-8070-711-8.
- [2] BRYCHTA, J.; ČEP, R.; SADÍLEK, M.; PETŘKOVSKÁ, L.; NOVÁKOVÁ, J. *Nové směry v progresivním obrábění*. Ostrava : VŠB – TU Ostrava, 2007. Dostupné na <http://www.elearn.vsb.cz/archivcd/FS/NSPO>. ISBN 978-80-248-1505-3.
- [3] HAVRILA, M.; ZAJAC, J.; BRYCHTA, J.; JURKO, J. *Top trendy v obrábění, I. část – Obráběné materiály*. Žilina : Media/ST, s.r.o. Žilina, 2006. 205 s. ISBN 80-968954-2-7.
- [4] ZAJAC, J.; JURKO, J.; ČEP, R. *Top trendy v obrábění, II. část – Nástrojové materiály*. Žilina : Media/ST, s.r.o. Žilina, 2006. 193 s. ISBN 80-968954-2-7.
- [5] VASILKO, K.; HAVRILA, M.; MARCINCIN-NOVÁK, J.; MÁDL, J.; ZAJAC, J. *Top trendy v obrábění, III. část – Technologie obrábění*. Žilina : Media/ST, s.r.o. Žilina, 2006. 214 s. ISBN 80-968954-2-7.


Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

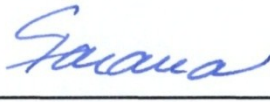
Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Vladimír Vrba, CSc.**

Datum zadání: 16.12.2011

Datum odevzdání: 21.05.2012



  
doc. Ing. Robert Čep, Ph.D.  
vedoucí katedry

  
prof. Ing. Radim Farana, CSc.  
děkan fakulty



Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě 21.5.2012

podpis studenta



Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že bakalářská práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě: 21.5.2012.

podpis

Jméno a příjmení autora práce: Martin Čermák

Adresa trvalého pobytu autora práce: Jiřího z Poděbrad 17, 787 01 Šumperk



## Obsah:

Obsah:	5
Seznam použitého značení	7
1. Úvod	8
2. Obecná charakteristika daného problému	9
2.1 Úvodem o firmě	9
2.2 Specifikace nápravy, ve voze 814	11
3. Problematika obrábění přesných rotačních součástí velkých rozměrů	13
3.1. Materiál hnací hřídele	14
3.2 Zušlechťování materiálu	15
3.3 Obrobitelnost hnací nápravy z materiálů 15 230.9	15
3.4 Opotřebení břitů nástroje	16
3.4.1 Mechanismus opotřebení	17
3.4.2 Formy opotřebení	18
3.4.2.1 Kvantifikace opotřebení	20
3.4.2.2 Časový průběh opotřebení	21
3.5 Trvanlivost břitů nástroje	21
3.6 Řezné prostředí	22
3.6.1 Technologické požadavky na řezné prostředí	22
4. Návrh progresivní technologie výroby vybrané součásti	24
4.1 Vypracování výrobního postupu	24
4.2 Průvodka výrobní zakázky nápravy hnací, firmy Pars nova a.s.	25
4.3 Technologický postup výroby	26
4.4 Stávající technologie výroby náprav	36
4.4.1 Obráběcí stroj ve firmě Pars, nova a.s.	37
4.4.2 Návrh progresivní technologie obrábění náprav	38
4.5 Porovnání obráběcích center	39
5. Diskuze experimentálních prací	40
6. Technicko – ekonomické zhodnocení	43
6.1 Časové porovnání břitových destiček při obrábění	44
7. Závěr	48
Seznam použitých pramenů	49
Seznam příloh:	50



## ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

ČERMÁK, M. *Racionalizace výroby rotačních součástí: bakalářská práce.*

Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra mechanické technologie, 2012, s. Vedoucí práce: Vrba, V.

Bakalářská práce se zabývá výrobou rotační součásti hnací nápravy železničního vozu typu 814 RegioNova. Úvodní teoretická část uvádí problematiku obrábění součástí o velkých rozměrech. Dále je zmíněna technologie výroby těchto součástí a pracovní operace jdoucí po sobě. Další část zahrnuje experimentální práce a nový návrh postupu jedné z pracovních operací. V závěru je uveden výsledek experimentální práce a technické a ekonomické zhodnocení navržené operace.

## ANOTATION OF BACHELOR THESIS

ČERMÁK, M. *Rationalization of Production of Rotary Components: Bachelor Thesis.*

Ostrava: VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Mechanical Technology, 2012, p. Thesis head: Vrba, V.

This bachelor thesis deals with the production of the rotary component of the driving axle in the railway carriage type 814 RegioNova. The introductory theoretical part states problems of machining big size components. Another topic which is mentioned is the production technology of these components and consecutive working operations. The next part includes experimental work and the proposal of a new method of one of the working operations. The conclusion presents the result of experimental work and technical and economic evaluation of the suggested operation.



## Seznam použitého značení

Zkratka / Symbol	Popis	Jednotka
$A_1$	teplotní hranice odpovídající eutektoidní přímce	[ - ]
$A_3$	teplotní hranice určující rekristalizaci	[ - ]
ČD	České dráhy	[ - ]
$f$	posuv na otáčku	[ mm ]
$L$	dráha nástroje	[ mm ]
$n$	otáčky obrobku	[mm <sup>-1</sup> ]
$s$	posuv	[ - ]
$T_{A3}$	jednotkový strojní čas	[ - ]
$t_A$	celkový výrobní čas	[ - ]
$t_{A11}$	vedlejší čas	[ - ]
$t_{A12}$	vlastní strojní čas	[ - ]
$U$	úběr za minutu	[ - ]
$V$	řezná rychlost	[ - ]



## 1. Úvod

V dnešní době dochází k velmi rychlému rozvoji nové moderní techniky. Tato technika je charakterizována základními vědami, ale také přírodou. Dříve se opíral rozvoj techniky o poznatky získané praxí a dlouholetou zkušeností. Bez předchozích podrobných rozborů není v dnešní době možný rozvoj techniky. Technici dnes musí využívat stále více nových poznatků a pracovat sami vědeckými metodami a z toho vyplývá, že technik by měl být dokonale vzdělaný odborník svého oboru. Každé technické dílo je téměř vždy práce kolektivu, a proto jde o dělbu práce. A každý technický vedoucí pracovník, který řídí nějaký projekt, by měl umět jednat s lidmi a mít organizační schopnost, aby byl v kolektivu schopen se domluvit se svými spolupracovníky, přesvědčit je o svém názoru a dát jim najevo své myšlenky. Také by je měl umět vysvětlit. Svým spolupracovníkům musí být na pracovišti vzorem. [3]

V rozvoji hospodářského průmyslu má hlavní význam strojírenství, které má zvláštní postavení mezi ostatními odvětvími. Zajišťuje pro ně výrobní techniku a nové výkonné moderní stroje. Všechny druhy hospodářství mají v dnešní době snahu o mechanizaci a automatizaci výrobních procesů a tím o dosažení té největší produktivity práce. Strojírenství je závislé na hutnickém průmyslu, který zajišťuje výrobu neželezných a železných kovů o potřebné jakosti a množství, na kterém záleží z důvodů kvality a počtu produktů. Kovových i nekovových materiálů náš průmysl spotřebuje velké množství, proto je důležité znát dokonale tyto materiály a jejich mechanické, chemické, technologické a fyzikální vlastnosti k tomu, abychom s nimi mohli účelněji a hospodárněji pracovat. Znalost těchto materiálů umožní vést přesné technologické procesy, volit správné způsoby práce a dobře hospodařit s materiálem. [3]

Na výrobky přeměníme materiály, suroviny, polotovary, které přemění lidé nebo stroje pracovními procesy. Výrobní proces tvoří souhrn těchto prací. Výrobní proces se může rozdělit na jednotlivé výrobní úseky, které na sebe navazují, a říkáme jim dělba práce. V mnoha firmách a závodech může vzniknout mezinárodní dělba práce, která vyváží už hotové součásti k montáži. Některé firmy nebo závody mají soustředěvanou výrobu určitých součástí nebo výrobků. Důležitá je také kooperace (spolupráce), je to vzájemná pomoc mezi podniky na strojích, které jsou drahé nebo je složitá výroba a podnik nemá potřebná zařízení k výrobě speciálních výrobků. Zhospodární se výroba a stroje se tak využijí. [4]





V České republice i v zahraničí je velká spousta těchto závodů, které spolupracují nebo samy vyrábí jak různé součásti, tak i hotové výrobky, a vyváží je do zahraničí nebo jen po republice. Jeden z těchto podniků je i v Šumperku a zabývá se opravami a modernizací kolejových vozidel, pracuje pod názvem Pars, nova a.s. a je začleněn do skupiny Transportation akciová společnost Škoda Holding. V tomto podniku mi byla přidělena bakalářská práce, která se zabývá výrobou hnací nápravy železničního vozu typu 814 (RegioNova).

## 2. Obecná charakteristika daného problému

Při obrábění hnací hřídele, docházelo k velké spotřebě řezných destiček, které měly malou životnost a obrobily jednou řeznou hranou jen půl hřídele. Proto bylo zapotřebí navrhnout lepší řeznou destičku s větší životností. Byl navrhnut i nový obráběcí stroj s většími parametry a schopnostmi vytvořit více operací.

### 2.1 Úvodem o firmě

Ve firmě Pars nova, a.s., která začala předáním staveniště 8. 12. 1947 a samotnou výstavbou v lednu 1948, byly po dobu pěti let postaveny haly nezbytné pro opravářenskou činnost, další budovy byly vybudovány postupně, až do roku 1967. Slavnostní otevření nového provozu bylo 31. 5. 1952. Od této doby je datován celý průběh firmy.



Obr. 1: Letecký snímek firmy Pars nova, a.s.[11]

1952 -1973 – ČSD dílna pro opravu kolejových a motorových vozidel



1973 – přejmenování podniku na ČSD železniční opravny a strojírny v Šumperku

1. 7. 1993 – privatizace podniku, vznik nového názvu firmy Pars DMN s.r.o.

V červenci roku 1997 Moravu zasáhly velké povodně, které se zapsaly do historie Šumperka a způsobily velké škody i firmě Pars DMN s.r.o.

1. 8. 2000 – je společnost Pars DMN s.r.o. transformována na akciovou společnost s názvem Pars, nova a.s.

V březnu roku 2008 Pars, nova a.s., byla začleněna do skupiny Transportation akciová společnost Škoda Holding.

V dnešní době se firma může chlubit širokým sortimentem oprav železničních vozů, ale také jejich modernizací, které prezentuje na strojních veletrzích u nás i v zahraničí. V současné době pracuje ve firmě Pars, nova a.s., přes 800 zaměstnanců, kteří pracují na různých pracovištích.

Hlavní hala má rozlohu asi  $28\,800\text{m}^2$ , která je vybavena vnitřní posuvnou a je hlavním střediskem oprav, které má 20 kolejí. V levé části se jich nachází šest, které jsou určeny pro opravu malých dvounápravových vozidel, zbytek slouží velkým vozům pro opravu podvozků. Každý vůz je nadzvedáván a podvozek s díly je odvezen na opravu. Samotná skříň je opravována, v ní se demontují dveře, okna a při modernizaci také podlahy a obložení. V hale je také speciální box na otrýskání nátěrů na vozech, které se provádí kovovou drtí. Další díly jako jsou převodovky, motory, brzdy a podvozky se zbavují mastnoty a nečistot v mycích linkách (hydromatech). Při modernizaci vozu se provádí celková rekonstrukce skříní a provádí se i oprava podlah, po opravě se vůz tmelí a dále přestříkává na požadovanou barvu. Provádí se také nová elektroinstalace a interiér vozu se připravuje ve stolárně. Podvozky vozidel se rozebírají a prochází náročnou kontrolou a opravou.

V druhé hale, v tzv. obrobně, se provádí oprava a výroba součástí do převodovek, které jsou demontovány a jejich díly jsou buď opraveny, nebo vyměněny a sestaveny. Za těmito halami je venkovní posuvna, u které je budova kovářny, klempířny, akumulátorovny a přejímací haly. Dále je zde elektrohala a kolejová váha, kde se kontroluje a opravuje tlak na rozložení hmotnosti vozidla na jedno kolo. Za touto halou je budova elektroniky, zásobovací sklad a řezárna.



## 2.2 Specifikace nápravy, ve voze 814

Při zadání bakalářské práce firmou Pars, nova, a.s. mi bylo zadáno téma obrábění hnací nápravy na železničním voze typu 814. Úkolem bylo snažit se snížit náklady a alespoň částečně zrychlit výrobu. Při konzultacích v místních podmínkách firmy Pars, nova, a.s. a s vedoucím technikem byla má pozornost zaměřena na obráběcí stroj a hlavně na obráběcí nástroje, čili řezné destičky z SK., kterými je obráběna hnací náprava.

Při třískovém obrábění vzniká takový pracovní proces, u kterého polotovar dostává rozměr finální strojní součásti a požadovaného tvaru úběrem materiálu z povrchové vrstvy. Z různých hledisek lze rozdělit metody třískového obrábění, dle charakteru, na strojní a ruční metody obrábění. Klasická metoda obrábění je soustružení, ve kterém je potřeba vytvořit hnací hřídele čili rotační součásti vytvořené vyměnitelným břitovým nástrojem různého provedení. „Při soustružení dochází k odřezávání přebytečné vrstvy (přidavku na obrábění) řeznou částí nástroje s definovanou geometrií. Odřezávaná vrstva odchází od obrobku v podobě třísky. Aby došlo k oddělení třísky od polotovaru, musí mít činná část nástroje klínový břit, který je podstatně tvrdší než obráběný materiál. Obrobek získává postupně požadovaný tvar, rozměr, drsnost povrchu i některé mechanické vlastnosti.“ [8]

Železniční motorový vůz řady 814 je modernizován a opravován ze dříve vyrobeného vozu řady 810. Tento vůz má dva jednonápravové podvozky, z nichž je jeden běžný a druhý hnací. Vůz probíhá kompletní rekonstrukci a je sestaven z nových dílů a součástí. Jeden z těchto dílů se vyrábí v druhé hale (obrobně) a je to hnací hřídel tohoto vozu, která přenáší souosý točivý moment.



Obr. 2: Vůz typu 810



Obr. 3: Vůz typu 814 (regionova)



Daný problém není v obrobení této hřídele, ale v úspoře času a produktivitě obrábění a zrychlení jednotlivých operací. Produktivitu obrábění můžeme hodnotit počtem vyrobených kusů za jednotku času, nebo čas potřebný pro jejich vyrobení. Nejlépe se určuje produktivita obrábění druhým kritériem tj. délka výrobního času. Celkový čas pro obrábění součásti (hřídele) se dá určit pomocí vzorečku, kde  $t_A$  je celkový čas výroby určité součásti a je složen z vlastního času  $t_{A12}$ , kdy je obráběna součást nástrojem. Vedlejší čas  $t_{A11}$  je potřebný k upínání, měření obrobku, k seřízení a obsluze stroje atd. [6]

$$t_A = t_{A12} + t_{A11}$$

Obr. 4 : Výpočet výrobního času [6]

Určení výrobního času součásti (celkový čas) závisí hlavně na konstrukci obráběcího stroje, který má velký rozsah pracovních možností. Využití možnosti stroje je důležité ke správné volbě pracovních podmínek. Práce se může z hlediska pracovních podmínek vyhodnotit nejlépe úběrem materiálu za určitý čas. Může se vyjádřit v  $cm^3$  za minutu, dále určujeme, také  $cm^2$  za minutu, ale to jen u operací, které jsou dokončovací, a není u nich skoro žádný úběr materiálu. U soustružení se dá určit úběr materiálu za minutu vzorečkem. [6]

$$U = v \cdot s \cdot t$$

Obr. 5: Úběr za minutu [6]

Z tohoto vzorečku můžeme zvýšit výrobní čas, nebo ho snížit zvětšením / zmenšením úběru materiálu za minutu, nebo zvětšením / zmenšením posuvu, hloubky odřezané vrstvy materiálu nebo řezné rychlosti. Nesmíme ale zapomenout také na hospodárnost, která je důležitá při volbě stroje, pracovních podmínek a výrobního času. Pro obrobení polotovaru je proto nejlepší zvolit vhodný stroj a pracovní podmínky, které budou mít nejmenší náklady na výrobu součásti. [6]

Výrobu součásti a jejich celkové náklady můžeme rozdělit do tří složek.

- a) náklady na strojní práci
- b) náklady na vedlejší práci
- c) náklady na nástroje

Sečtením pak dostaneme celkové výrobní náklady. [6]



### 3. Problematika obrábění přesných rotačních součástí velkých rozměrů

V lodní, letecké, silniční i železniční dopravě se setkáváme s komponenty a součástkami, které nejsou jen malé velikosti, ale i se součástmi velkých rozměrů, které jsou navíc těžké, a špatně se s nimi manipuluje. Proto jsou operace s těmito součástmi složité jak v přepravě, skladování, manipulaci, tak i v upínání a obrábění.

Při obrábění velkých přesných rotačních součástí, v tomto případě hnací nápravy, se musí součást upnout a v půlce operace otočit za pomoci jeřábu. Otáčíme hřídel proto, abychom neobráběli proti koníku, ve kterém je hnací náprava upnuta v hrotě. V koníku jsou ložiska a na ně by působil velký tlak a síla, tím by mohlo dojít k prasknutí. Při tomto porušení může dojít k narušení celé operace obrábění hnací nápravy a hlavně k poruše stroje.



Obr. 6: Otáčení hnací hřídele

Pro správné obrábění hřídele je zapotřebí stanovit vhodné postupy a řezné podmínky. Nejdůležitější je vždy na začátku volba polotovaru pro další výběr způsobu obrábění. Záleží vždy na druhu polotovaru a na jeho tvaru a velikosti přídavků na obrábění. Důležitá je také tvrdost materiálu, přesnost, způsob výroby. Když je vyroben polotovar s velkými přídavky na



obrábění (př. hrubý volný výkovek), bude obrábění trvat déle a bude také dražší. Ale když je polotovár vyroben téměř přesně (př. přesný výkovek), bude dražší, ale obráběcí operace budou menší a jednodušší. Dále je zapotřebí stanovit správné vytváření výkovku, který se provádí v hutích, ten je potřeba správně zušlechtit, aby se při řezných rychlostech, kdy se může zahřívat, nezměnil jeho tvar a nevychyloval se z osy. Dále je potřeba věnovat pozornost břítu nástroje a jeho trvanlivosti, aby se rychle neopotřeboval. [2]

### 3.1. Materiál hnací hřídele

Výkovky náprav jsou z hutě (kovárny) vybaveny inspekčním certifikátem a protokolem o zkoušení (viz. příloha).

Chem.složení v %	C	Mn	Si	P	S	Cr	V
	0,29	0,57	0,22	0,004	0,003	2,31	0,11
Tvrдость	2x223 HB	226,239HB	2x248 HB	241,248 HB	2x248 HB	2x248 HB	2x239 HB
	2x248 HB	2x248 HB	2x245 HB	226,239 HB			

Mikrostruktura vzorku je po naleptání 2%  $\text{HNO}_3$  tvořena bainitem a ojedinělým feritem. Velikost austenitického zrna byla stanovena dle ČSN EN ISO 643 metodou srovnávací, při zvětšení 200x. Průměrná velikost austenitického zrna G je 9.



Obr. 7: Mikrostruktura výkovku



### 3.2 Zušlechťování materiálu

Zušlechťování se nejčastěji využívá pro dosažení vhodné struktury a vlastností materiálů. Tento proces se skládá z kalení a popouštění. Proces kalení se provádí tak, že ocel je ohřátá na teplotu nad  $A_3$ , potom následuje výdrž na této teplotě a následně rychlé ochlazení na pokojovou teplotu. Tento proces je založen z hlediska struktury na vzniku a řízeném rozpadu austenitu. Popouštění následuje hned po kalení a jeho teplota ohřevu je pod  $A_1$  s výdrží a ochlazením. Při zušlechťování je první operací ohřev oceli nad teplotu  $A_3$ , nad níž proběhne přeměna feriticko-perlitické struktury na austenit, čili austenitizaci. Účelem je dosáhnout vysoké meze kluzu, pevnosti a odolnosti proti únavě při vysoké houževnatosti. Označení stavu po tomto tepelném zpracování se označuje číslicí (6, 7, 8, 9) za značkou oceli, čím vyšší je hodnota čísla, tím je vyšší pevnost. Potom má zušlechťovaná ocel vyšší mez kluzu a vrubovou houževnatost. Když bude mez kluzu vyšší, bude se ocel moci více zatěžovat bez nebezpečí deformace. Dále díky vyšší vrubové houževnatosti bude ocel houževnatější proti křehkému porušení nenadálými rázy. Teplotní rozsah pro zušlechťování je 400 až 500°C dle druhu oceli. Při větších průměrech než 25 až 30mm je potřeba k prokalení použít legovanou ocel. Proto je potřeba prokalení předmětu v celém průřezu, jinak hrozí, že se zhorší mechanické vlastnosti v části průřezu nedostatečně zakaleném. [7]

U konstrukčních ocelí k cementování a zušlechťování dochází k zvyšování čistoty a nerovnoměrnosti vlastností. U ocelí k cementování a nitridování se zvyšuje pevnost jádra. U cementování ocelí musí být dodržené pásmo prokalitelnosti. [7]

U všech náprav železničních vozidel se tepelné zpracování smí provádět pouze v souladu s technickými dodacemi předpisy jednotlivých výrobců náprav, normou ČSN EN 13 261 – Železniční aplikace – Dvojkolí a podvozky – Nápravy – Požadavky na výrobek.

### 3.3 Obrobitelnost hnací nápravy z materiálů 15 230.9

Technologická vlastnost daného materiálu je obrobitelnost, ta charakterizuje jeho vhodnost k obrábění. Jsou v ní zahrnuty fyzikální, mechanické vlastnosti materiálů, druh chemického složení, tepelné zpracování polotovaru a způsob výroby na kvantitativní, kvalitativní a ekonomické výsledky v procesu řezání. K obráběnému materiálu nelze vztáhnout obrobitelnost vzhledem k tomu, že závisí i na řezných podmínkách a způsobu



obrábění. Pro relativní hodnocení obrobiteľnosti může být dalším možným kritériem velikost opotřebení břitů nástroje, teplota řezání, druh třísek a tvar, drsnost obrobené plochy. [1]

Materiál 15 230.9 je vhodný k zušlechťování a k výrobě velkých výkovků. Hodí se pro velmi namáhané strojní součásti s požadovanou pevností a má dobrou prokalitelnost i na velké výkovky. Je dobře tvářitelný, svařitelný a obrobiteľný. [7]

Výkovky	$R_e$ nebo $R_{p\ 0,2\ min}$	Pevnost $R_m$	Tvrdost	Hlavní legující prvky
15 230.9	590 – 635 MPa	780 – 930 MPa	239–285 HB	C 0,24–0,34, Cr 2,2–2,5, V 0,1–0,5 %

Obr. 8: Vlastnosti materiálu 15 230.9 [7]

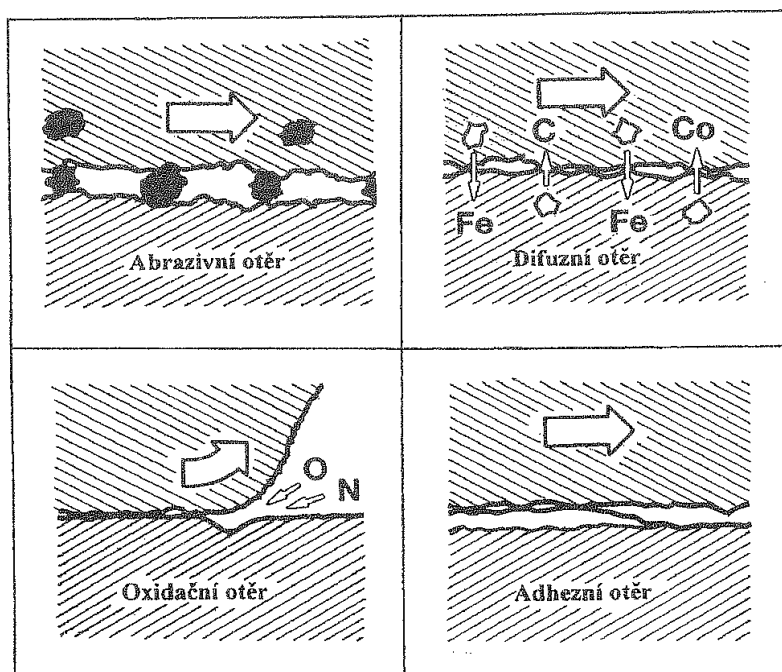
### 3.4 Opotřebení břitů nástroje

U obrábění vždy vzniká velké množství tepla na hřbetu a ploše čela nástroje. Materiál břitů nástroje je vždy hodně namáhan tepelným zatížením, například u frézování, kdy břit materiálu vystupuje a zase vniká do obráběné součásti a tak vytváří dynamický faktor. Utvářením třísky se při vysokém tlaku a teplotách vytváří čistý kovový povrch, který má sklon k chemickým reakcím, případně k difúzním procesům. Obráběné materiály často obsahují tvrdé částice různých druhů, které mají stejnou tvrdost jako materiál břitů nástroje. Tyto tvrdé částice u nástroje vyvolávají abrazivní, případně brousící efekt.

K složitému zatížení břitů nástroje, které se projeví opotřebením, dochází kvůli kombinacím chemických, mechanických, tepelných a abrazivních faktorů. [1]



### 3.4.1 Mechanismus opotřebení



Obr. 9: Schéma mechanismů opotřebení bříty. [1]

*Abrazivní otěr* je velmi rozšířený, vzniká hlavně působením tvrdých částic v obráběném materiálu. Při broušení je tomu podobně, tvrdé částice vnikají mezi povrch nástroje a obrobku. Schopnost bříty řezného nástroje odolávat abrazivnímu otěru je nejčastěji závislá na jeho tvrdosti. Tento řezný nástroj, který obsahuje strukturu tvrdých částic, bude odolávat abrazivnímu otěru dobře, ale nemusí odolávat jiným mechanismům opotřebení. Abrazivní otěr vzniká především při nízkých řezných rychlostech, kdy se materiály stýkají na vrcholcích mikronerovnosti. Tento brusný otěr vzniká hlavně při obrábění nástroji z rychlořezných nebo nástrojových ocelí. [1]

*Difuzní otěr* vzniká při procesu obrábění působením chemických vlivů. Na difuzní opotřebení mají vliv chemické vlastnosti řezného materiálu proti materiálu obrobku. To jsou rozhodující činitele pro vznik a průběh difuzního opotřebení. Tady má tvrdost materiálu jen relativně malý podíl. O podílu difuzního opotřebení rozhoduje chemické složení materiálu řezného nástroje a obráběného materiálu.

Některé materiály obrobku nereagují vůbec s řeznými materiály, ale jiné mají vysoký stupeň afinity ve vztahu k materiálu obrobku.



Ke vzniku difuzního opotřebení vede afinita mezi ocelí a slinutým karbidem. Díky tomuto se na čele bříty břitové destičky vytvoří žlábek. Největší žlábek se vytvoří při vysokých řezných rychlostech, protože toto opotřebení souvisí s teplotou. [1]

*Oxidační otěr* přímo souvisí u řezného procesu s teplotami, které jsou velmi vysoké a s okolním vzduchem tvoří oxidaci nástrojového materiálu, tyto oxidy působí velmi rozdílně. Třískou jsou snadno odnášeny porézní filmy oxidů tvořených z kobaltu a wolframu. Oxid hlinitý je podstatně tvrdší. K oxidačnímu opotřebení jsou proto některé řezné nástrojové materiály náchylnější. Do řezného procesu má vzduch přístup v místě kontaktu bříty, tam kde končí šírka třísky pak díky působení oxidace vznikají typické žlábkové. [1]

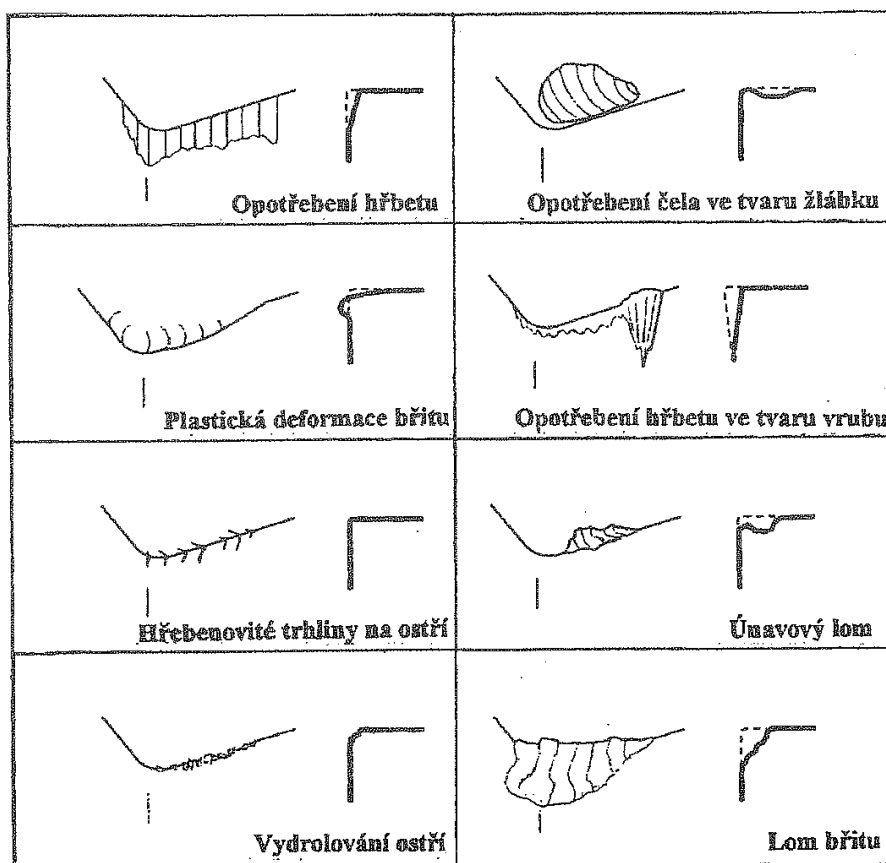
*Adhezní otěr* vzniká na čele bříty nástroje hlavně při nízkých teplotách obrábění a může se vyskytnout jak u materiálů s krátkou třískou, tak i u ocelí tvořících dlouhou třísku. Adhezní otěr je způsoben vytrháváním částic bříty mezi nástrojem a obrobkem v důsledku adhezních spojů, významný je při nízkých řezných rychlostech, kde vzniká mezi třískou a nástrojem bodový styk a je umožněno adhezní spojení obou materiálů. Nejčastěji vzniká adhezní otěr při obrábění nástroji z rychlořezných a nástrojových ocelí, proto tento jev nejčastěji vede k vytvoření nárůstku mezi břitem a třískou, avšak jedná se jen o dynamický průběh, který narůstá s počtem vrstev a ty jsou vytvrzovány a navařovány z třísky a stávají se součástí bříty. Břit vytvořený nárůstkem tvoří základ pro nové nárůstky na bříty a to způsobuje poškození původního bříty vylomením nebo vydrolením. [1]

### 3.4.2 Formy opotřebení

Při opotřebování bříty v řezném procesu nabývá opotřebení několika forem, které jsou uvedeny v obr. 10. [1]

*Opotřebení hřbetu*, je nejčastějším typem opotřebení. „Příliš velké opotřebení hřbetu má za následek zhoršení jakosti obrobeného povrchu, nepřesnost rozměrů a narůstající tření, které vzniká změnou geometrie bříty.“ [1]

*Opotřebení čela ve tvaru žlábků* je důsledkem difuzního opotřebení a abraze. Žlábek, vznikající úběrem materiálu nástroje, má tvrdé částice obsažené v materiálu obrobku, ale hlavně v místě bříty s nejvyšší teplotou. [1]



Obr. 10: „Formy opotřebení břitu nástroje“ [1]

*Plastická deformace břitu* vznikne díky kombinaci řezných tlaků na břitu a vysokých teplot. Při obrábění všemi nástrojovými materiály se vyskytuje plastická deformace břitu po dosažení určité teploty v místě stykových ploch mezi obrobkem a nástrojem. Volbou vhodné geometrie břitu a správného zaoblení ostří lze zmenšit plastickou deformaci břitu. [1]

*Opotřebení hřbetu ve tvaru vrubu*, může souviset s jevem oxidačního opotřebení a patří k typickým adhezním opotřebením. V místě kontaktu břitu řezného nástroje s bokem třísky vznikají vruby. Utváření třísky ovlivňuje opotřebení hřbetu ve tvaru vrubu a vede k lomu destičky. [1]

*Hřbenovité trhliny na ostří* vznikají tepelnými šoky, formou únavového opotřebení. Kolmo na ostří se tvoří trhliny, a přitom se z řezného nástrojového materiálu mohou mezi jednotlivými trhlínami vylamovat částice a vyvolat náhlý lom břitu. Teploty se u obrábění mění změnou tloušťky třísky. Teplotní rozdíly se mění použitím řezných kapalin, při záběru břitu do materiálu a při výstupu břitu z materiálu ven. [1]

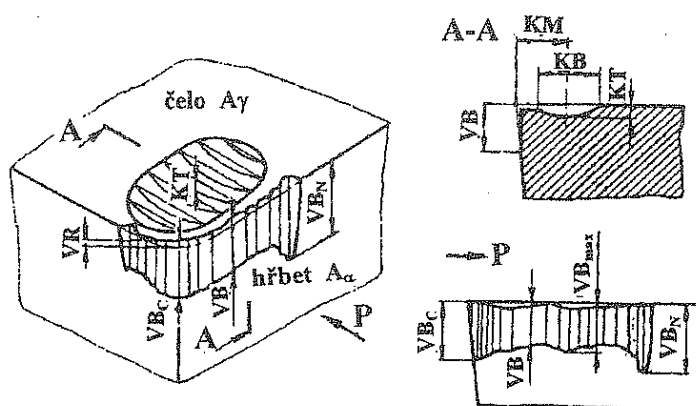
*Únavový lom*, vzniká při změně velikosti řezných sil. Paralelně s ostřím probíhají lomové plochy. [1]

*Vydrolování ostří* je druh opotřebení, při kterém se břit drolí. Na vznik křehkého lomu břitu upozorňují příznaky trhlin a odlupování materiálu. [1]

*Lom břitu* je okamžitá porucha a konec životnosti nástroje. Většinou bývá křehký lom způsobený různými faktory, nejčastěji je málo houževnatý zvolený materiál břitu, který by mohl zvládnout všechny požadavky na obrábění. [1]

### 3.4.2.1 Kvantifikace opotřebení

Opotřebení břitu je významný parametr řezného procesu. Jako významný parametr řezného procesu se kvantifikuje rozměrovými charakteristikami vztaženými k postupnému opotřebování břitu řezného nástroje – obr.9. [1]



Obr. 11: Opotřebení břitu řezného nástroje [1]

VB - průměrné opotřebení hřbetu

VBc - opotřebení hřbetu v oblasti špičky

VBn - vrubové opotřebení hřbetu

VBmax - maximální opotřebení hřbetu

KT - opotřebení čela, hloubka žlábků

KB - opotřebení čela, šířka žlábků

KM - opotřebení čela, poloha středu žlábků

VR - opotřebení špičky radiální

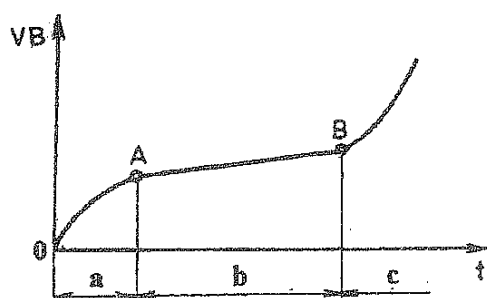


Měřením na různých mikroskopických přístrojích s jejich následným vyhodnocením provádíme pro zjištění parametrů opotřebení břitu. [1]

### 3.4.2.2 Časový průběh opotřebení

Při nasazení přestřené nebo nového nástroje do řezného procesu se postupně při používání opotřebovává. [1]

Průběh závislosti  $VB=f(t)$ , který lze rozdělit do tří oblastí



Obr. 12: Průběh závislosti opotřebení  $VB=f(t)$ . [1]

- opotřebení rychlé záběhové* – toto opotřebení souvisí se zaběhnutím nástroje a vysokým měrným tlakem na povrchu hřbetu, může vzniknout ostřením nástroje nebo při výrobních procesech (výroba nástrojů např. slinování SK)
- lineární opotřebení* – k lineárnímu opotřebení dochází v oblasti znázorněné na grafu
- opotřebení rychlé nadměrné* – rychlé opotřebení tzv. lavinovité opotřebení, ke kterému dochází, je v počátečním bodu této oblasti a je spojen s limitní teplotou řezání a velkým poklesem tvrdosti řezného materiálu [1]

## 3.5 Trvanlivost břitu nástroje

Označení pro trvanlivost je provozuschopný stav břitu korespondující s dobou trvání řezného procesu. Určuje se jako doba trvání, po kterou je schopen nástroj plnit efektivně požadované funkce. Trvanlivost se určuje intervalem od nasazení nástroje do procesu obrábění, až po vznik poruchy, kdy končí provozuschopný stav nástroje. Porucha nástroje se dá rozdělit do několika hledisek, z hlediska technologického se může rozlišit na postupnou poruchu (opotřebení nástroje), nebo poruchu náhlou (vyhlazení břitu nástroje). Kritériem vzniku poruch, nebo ukončení provozuschopnosti nástroje mohou být parametry diagnostikovány jako drsnost povrchu obrobené plochy, opotřebení břitu, velikost řezné síly,



úchylka rozměrů obrobené plochy atd. K opotřebení břitů se velmi často v technologické praxi vztahuje trvanlivost. „Z hlediska teorie spolehlivosti se řezný nástroj posuzuje jako neobnovovaný objekt, kdy po vzniku poruchy se neobnovuje jeho provozuschopný stav (vyměnitelná břitová destička s jedním břitem), nebo jako obnovovaný objekt, kdy po vzniku poruchy se provozuschopný stav obnovuje (šroubovitý vrták- přestření). U neobnovovaných nástrojů je trvanlivost identická a životností a koresponduje s dobou do poruchy. Pro obnovované nástroje koresponduje trvanlivost s dobou mezi poruchami a životnost s dobou technického života, která je dána součtem trvanlivosti za celou dobu používání.“ [1]

### 3.6 Řezné prostředí

V místě řezu vzniká prostředí působením tepla a tlaku, které má vliv na řezný proces kvantitativními, kvalitativními a ekonomickými parametry. Často používaná řezná média, jsou pasty, kapaliny, mlhy, plyny. [1]

#### 3.6.1 Technologické požadavky na řezné prostředí

Na řezné prostředí se z provozního a technologického hlediska specifikují určité požadavky: chladicí účinek, mazací účinek, čistící účinek, ochranný účinek, zdravotní nezávadnost. [1]

##### *Chladicí účinek*

Je schopen odvádět z místa řezu teplo. Každé prostředí má tuto schopnost, a to takovou, že smáčí povrch kovů za předpokladu, že mezi povrchem obrobků a médiem existuje tepelný spád. Při řezání se uskutečňuje odvod tepla tím, že řezné prostředí je obklopeno nástrojem, třískou i obrobkem a přejímá část tepla. Chladicí účinek má za důsledek snížení teploty řezání a to má vliv na opotřebení a trvanlivost nástroje. [1]

##### *Mazací účinek*

Má vyjadřovat schopnost vytvoření na povrchu obrobku a nástroje vrstvy, která zabrání styku kovových povrchů a sníží tření, ke kterému dojde mezi nástrojem a obrobkem. Při vysokém tlaku, který vznikne při řezání, ke kapalnému tření nemůže dojít. Vzniknout může mezní tření, když má řezné prostředí velkou afinitu ke kovu. Mazací účinek znamená zmenšení spotřeby energie, zmenšení řezných sil a zlepšení jakosti obráběného povrchu. Tento účinek se také uplatní u dokončovacích obráběcích operací a provádění náročných obráběcích operací. [1]

*Čistící účinek*

Z řezného prostředí přívodem odstraňuje třísky z místa řezání. Řezné prostředí brání proti slepování částic, ty vznikají při řezání a usnadňují jejich usazení. [1]

*Ochranný účinek*

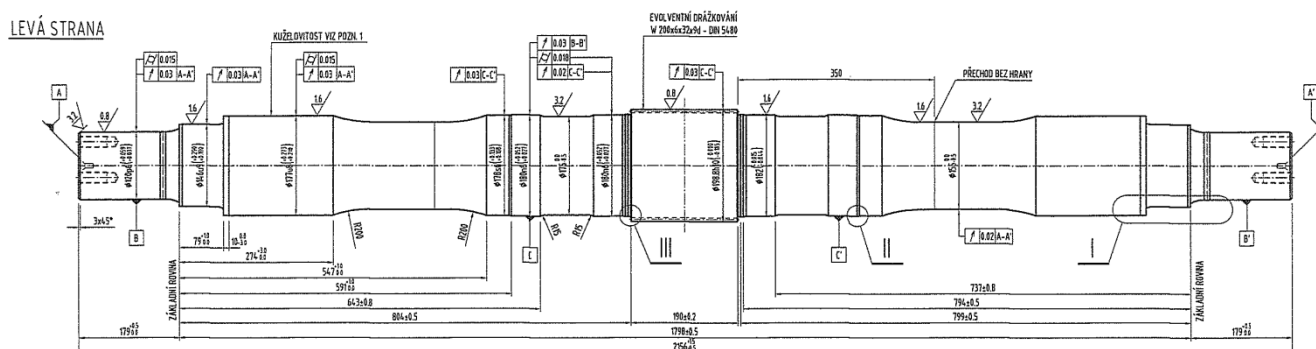
Ochránění řezného prostředí se projeví tím, že nezpůsobí korozi a nenapadá kovy. Je to důležitý požadavek pro to, aby se nemusely výrobky mezi operacemi konzervovat, a také se chránily stroje proti korozi. Aby byl vytvořen antikorozní účinek, je potřeba přidávat do řezného prostředí přísady, které budou pasivovat kovy proti nežádoucím účinkům. [1]

*Zdravotní nezávadnost*

Je důležitá, aby při práci na obráběcím stroji obsluhující pracovník nebyl ohrožen na zdraví škodlivými látkami, které nesmí dráždit sliznici, pokožku a nesmí být jedovaté. Dále nesmí zamořovat ovzduší. Proto je důležité dodržovat hygienická opatření, jako větrání a umývání. [1]

#### 4. Návrh progresivní technologie výroby vybrané součásti

Při návrhu progresivní technologie je potřeba navrhnout správný výrobní postup a operace pro obrobení vybrané součásti (hnací nápravy). Plánem stanovený výrobní pochod, kterým přeměníme polotovar na výrobek, se jmenuje výrobní postup. Na tiskopis píšeme správné pořadí prací a případně ho doplňujeme náčrty. Do výrobního postupu zapisujeme stroje, nářadí a zařízení, které budeme potřebovat k výrobě součásti. Kvalifikací pracovních sil se stanoví potřebné celkové náklady na výrobu. Výrobní postupy, které se zakládají, jsou potřebné pro případné úpravy a nové postupy, pro novou výrobu podobné nebo nové součásti.[2]



Obr. 13: Výkres hnací nápravy

## 4.1 Vypracování výrobního postupu

Výrobní postup musí být psán stručně, jasně, aby neměl dvojí výklad, vše musí být psáno v neurčitěm čase (srazit, vrtat). Každá z operací se píše velkým písmenem na nový řádek a jednotlivé operace jsou psány podrobněji na průvodce výrobní zakázky. Aby bylo možné vypracovat výrobní postup, je za potřeby mít hotový výkres součásti, výkres polotovaru, dále počet vyráběných kusů. [2]





## 4.2 Průvodka výrobní zakázky nápravy hnací, firmy Pars nova a.s.

Pars nova a.s.

Průvodka výrobní zakázky VV0019722 Náprava hnací 812 2/Dv 133-15 č.v.458.0.900.04.928 množství : 8

Strana 1  
14.11.2011  
09:23:25

Výroba ..... VV0019722 Č. položky ... 455000000019-1  
 Dodání ..... 8.10.2011 Název ..... Náprava hnací 812 2/Dv 133-15 č.v.458.0.900.04.928  
 Sklad ..... 20 Množství ..... 8

## MATERIÁL:

Č. položky	Název pol.	Spotřeba	Jednotka	Sklad
161222200018-0	Náprava hnací-výkovek 06-11-2-2640 F.814	8,00	ks	40

## POSTUP:

Číslo operace	Pořádkové číslo	Název	Prac. středisko	Výskyt	Čas přípravný	Operační čas	Celkový čas [min]	Zaměstnanec	datum
10	14.10.2011	Vstupní kontrola	TK-MERIC	1,00		1,00	8,00		
<b>Pozn.</b> Náprava hnací-výkovek 06-11-2-2640 - vstupní kontrola - přejímka výkovek nápravy před hrubováním, rozměrová kontrola. Kontrola úplnosti atestu ( číslo tavby,výrobce,chemické složení,mikrografická čistota,obsah vodíku,rozměr,vnitřní celistvost,radioaktivita). Kontrola označení rovnaných výkovek.									
20	16.10.2011	VV - Kooperace 518 - pomocná operace pro VV	KOOP-EX	1,00			0,00		
<b>Pozn.</b> Náprava hnací č.v. 458.0.900.04.928 / 2/Dv 133-15 zkrácení výkovku č.v. 06-11-2-2640, na rozměr 2156 +0,8,+1, navrtání středních důlků 90°, na pr. 28, zhotovení závitových otvorů 3xM206H (středící důlky a závity na obou čelech). Je důležité provést rozměření obrobku, tak aby po navrtání důlků byl rovnoměrně rozložený a dodrženy přírůstky pro obrábění. Zarovnání na délku, navrtání a zhotovení závitů M20 provést na obou čelech bez přepínání dílu.									
30	7.11.2011	Mezioperační kontrola	TK-MERIC	1,00		1,00	8,00		
<b>Pozn.</b> Náprava hnací č.v. 458.0.900.04.928 / 2/Dv 133-15 kontrolovat zkrácení výkovku č.v. 06-11-2-2640, na rozměr 2156 +0,8,+1, navrtání středních důlků 90°, na pr. 28, zhotovení závitových otvorů 3xM206H (středící důlky a závity na obou čelech),									
40	29.6.2011	Hřídel hnací č.v. č.v. 458.0.900.04.928 / 2/Dv 133-15 hrubovat	OBR-SV	1,00	30,00	860,00	6 910,00		
<b>Pozn.</b> Hřídel hnací č.v. č.v. 458.0.900.04.928 / 2/Dv 133-15 výkovek hrubovat, s min. přídavkem 5mm, do odstranění házivosti. Začísti a zregulovat délky. Označit pořadovým číslem. Vyznačit označení na čele dle technických podmínek a čísla výkresu.									
50	10.10.2011	Defekt.kontrola součástek metodou ultrazvuk. a magnet.	TK-DEF	1,00		60,00	480,00		
<b>Pozn.</b> Hřídel hnací č.v. č.v. 458.0.900.04.928 / 2/Dv 133-15 - zkouška prostupnosti ultrazvuku v axiálním a v radiálním směru, Odmaštění nápravy před MT zkouška MT na neporušenost povrchu nápravy									
60	12.8.2011	Hřídel hnací č.v. č.v. 458.0.900.04.928 / 2/Dv 133-15 hrubovat na CNC	OBR-CNCV	1,00	180,00	430,00	3 620,00		
<b>Pozn.</b> Hřídel hnací č.v. č.v. 458.0.900.04.928 / 2/Dv 133-15 soustružit průměr 198,8h10 s přídavkem 0,5mm, ostatní s přídavkem 2mm a délkové rozměry s přídavkem 0,2mm. Přenést a vyznačit evidenční číslo tavby a pořadové číslo nápravy na čelo dílce dle technické dokumentace									
70	14.10.2011	VV - Kooperace 518 - pomocná operace pro VV	KOOP-EX	1,00			0,00		
<b>Pozn.</b> Hřídel hnací č.v. č.v. 458.0.900.04.928 / 2/Dv 133-15 evoluventní drážkování									
80	3.11.2011	Mezioperační kontrola	TK-VKVAZ	1,00		1,00	8,00		

Pars nova a.s.

Průvodka výrobní zakázky VV0019722 Náprava hnací 812 2/Dv 133-15 č.v.458.0.900.04.928 množství : 8

Strana 2  
14.11.2011  
09:23:25

Obr. 14: Průvodka výrobní zakázky



Pars nova s.s.

Průvodka výrobní zakázky VV0019722 Náprava hnací 812 2/Dv 133-15 č.v.458.0.900.04.928

množství : 8

Strana 3  
14.11.2011  
09:23:25

</

Pars nova s.s.

Průvodka výrobní zakázky VV0019722 Náprava hnací 812 2/Dv 133-15 č.v.458.0.900.04.928

množství : 8

Strana 4  
14.11.2011  
09:23:25

Pozn.		Hřidel hnací č.v. č.v. 458.0.900.04.928 / 2/Dv 133-15 - zkouška prostupnosti ultrazvuku v axiálním a v radiálním směru. Odmaštění nápravy před MT zkouška MT na neporušenost povrchu nápravy		Deník: DV0107453	

Obr. 15: Průvodka výrobní zakázky

### 4.3 Technologický postup výroby

Do firmy jsou přivezeny výkovky, které se kovají v hutích v sudém počtu. Jsou kované přímo z ingotu pod bucharem nebo pod hydraulickým lisem. Pod buchary z malých ingotů nebo předvalků jsou vykovány výkovky střední velikosti. U hromadné výroby se používají zápusky, které nám zaručí přesný tvar, úsporu materiálu, dobrý průběh vláken a rychlou výrobu. V kovárně dále probíhá kontrola výkovku, atesty, protokoly o rovnání a nakonec přejímka ČD.



Obr. 16: Výkovky hnací hřídele

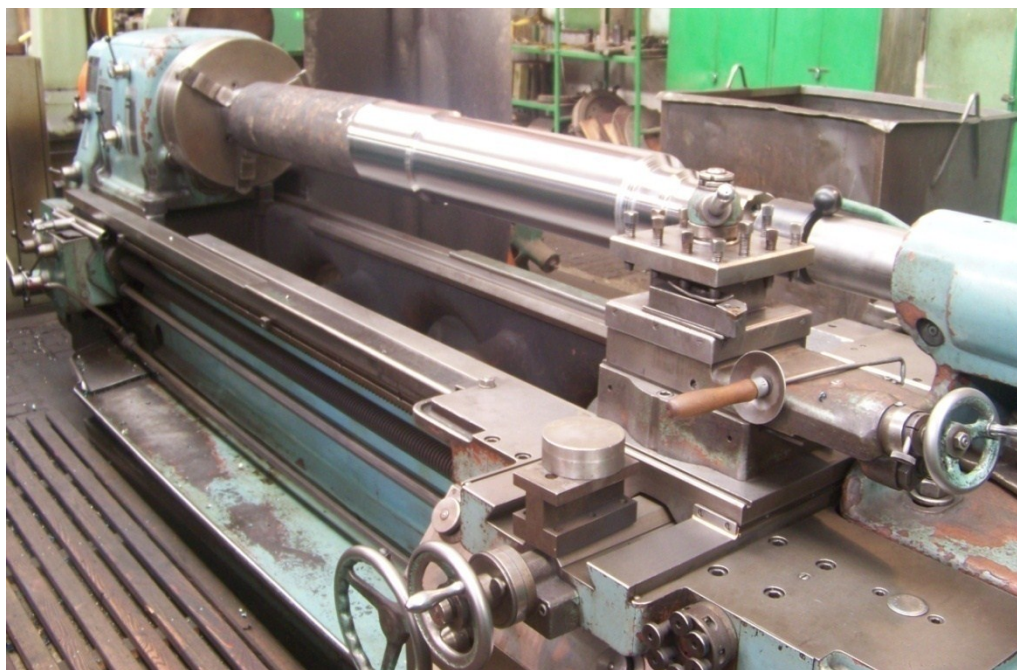
1. Při dovozu do firmy Pars, nova a. s. výkovek prochází vstupní kontrolou (rozměrů, dokladů a hlavně označení). Dále je přejímání výkovku před hrubováním a kontrola úplnosti atestu, to znamená, že se v atestu kontroluje číslo tavby, výrobce, chemické složení, mikrografická čistota, obsah vodíku, rozměr, vnitřní celistvost a radioaktivita. Rovnané výkovky musí být z kovárny označené, při jejich další výrobě je nutná zvýšená opatrnost – hrozí deformace, pokud k tomu dojde, náprava se okamžitě vyřadí.
2. Po těchto kontrolách se výkovek posílá do kooperace na další operaci, a to na zkrácení na požadovaný rozměr  $2156 +0,8; +1$  a po té na vyvrtání středících důlků s úhlem  $90^\circ$  a zhotovení závitových otvorů, které jsou  $3 \times M20-6H$ . Tyto závity a středící důlky jsou vytvořeny na obou čelech. Velmi důležité je provést rozměření výkovku, aby byl rovnoměrně rozložený přídavek pro obrábění, dále se provede navrtání středících důlků. Na obou čelech bez přepínání dílu se provede zarovnání na délku, vrtání otvorů, výroba závitu M20 a středících důlků.



Obr. 17: Zkrácení čela, vyvrtání děr a středícího důlku

3. Další operací po návratu z kooperace je mezioperační kontrola, kde se kontroluje zkrácení výkovku na rozměr  $2156 +0,8; +1$  a kontrolují se obě čela, zda jsou navrtány středící důlky a zhotoveny závity  $3 \times M20-6H$ .
4. Při další operaci se obrábí horní vrstva výkovku hrubováním na klasickém hrotovém soustruhu s minimálním přídavkem 5mm až do odstranění házivosti. Dále se potom začistí a zregulují důlky. Pracovník vyrazí na čelo označení dle technických podmínek.





Obr. 18: Soustružení hrubé vrstvy



Obr. 19: Vyražené označení – evidenční číslo tavby a pořadová čísla nápravy, výrobce výkovku, měsíc a rok výroby výkovku, závod kde se provádí obrobení nápravy, typ nápravy.



5. Po hrubování se provede defektoskopická kontrola, kterou zkoumáme defekty v makroskopické struktuře materiálu. Touto metodou probíhá kontrolování kvality výrobků a lze odhalit skryté vady a zamezit tak možné havárii. Dále se provádí kontrola vnitřních vad ultrazvukovou metodou v axiálním a radiálním směru. Před kontrolou povrchových vad pomocí magnetické metody se provede odmaštění nápravy.



Obr. 20: Hřídele po hrubování

6. Dále se hnací hřídel začne hrubovat na CNC soustruhu, kde se soustruží na průměr 198,8 h10 s přídávkem 0,5mm a další průměry s přídávkem 2mm. Délkové rozměry se soustruží s přídávkem 0,2mm. Náprava je upnuta mezi hroty a na straně vřetene soustruhu se do otvorů M 20 zašroubí speciální šrouby, které slouží pro unášení hřídele při obrábění.





Obr. 21: Soustružení na CNC

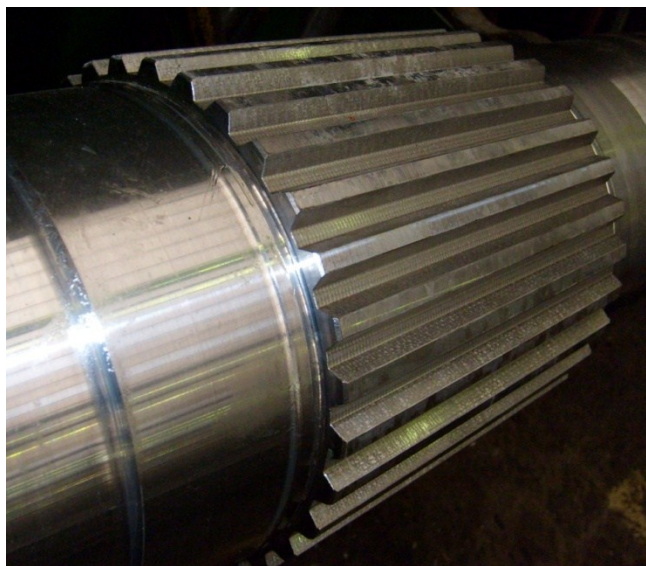
Po obrobení jedné poloviny se náprava přeměřuje přesnými měřidly (mikrometr), zda průměry odpovídají a otáčí se pro obrobení druhé poloviny. Po dokončení se celá náprava ještě přejede na CNC stroji, aby nedocházelo k nežádoucím deformacím (házivosti) hřídele.



Obr. 22: Hřídele po soustružení na CNC



7. Po zakončení těchto operací se hnací hřídel odešle do kooperace, kde se vyrábí evolventní drážkování.



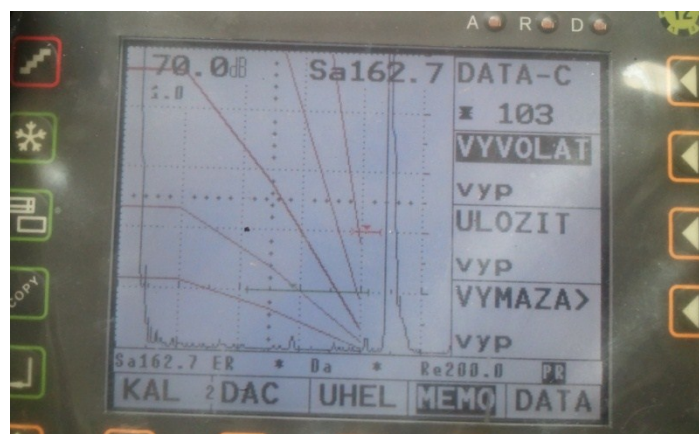
Obr. 23: Po drážkování

8. Při návratu do firmy probíhá mezioperační kontrola, kdy se kontroluje evolventní drážkování, zda je požadované přesnosti.
9. V další operaci se hnací hřídel soustruží na CNC soustruhu s přídavkem 0,3mm pro změření házivosti. Při malé házivosti do 0,01mm se provede dokončení hřídele na CNC soustruhu. Při házivosti větší od 0,01 -0,03mm se přídavek ponechá pro broušení, ale před odepnutím dílce se musí házivost změřit a zapsat do protokolu. Provede se odjehlení evolventního drážkování.
10. Po soustružení, odjehlení a případném broušení hnací hřídel prochází protokolární kontrolou v pracovním oddělení technické kontroly měření.
11. Poslední operace je defektoskopická kontrola součásti metodou ultrazvukovou a metodou magnetickou. Hnací hřídel projde zkouškou prostupnosti ultrazvuku v axiálním a radiálním směru. Prostupnost ultrazvuku vyhodnotí na přístroji, zda v hnací nápravě nejsou vměstky nebo zda není jinak porušena. Celý průběh je zobrazen na monitoru.





Obr. 24: Hřídel při zkoušce ultrazvuku



Obr. 25: Vyhovující vyhodnocení magnetky

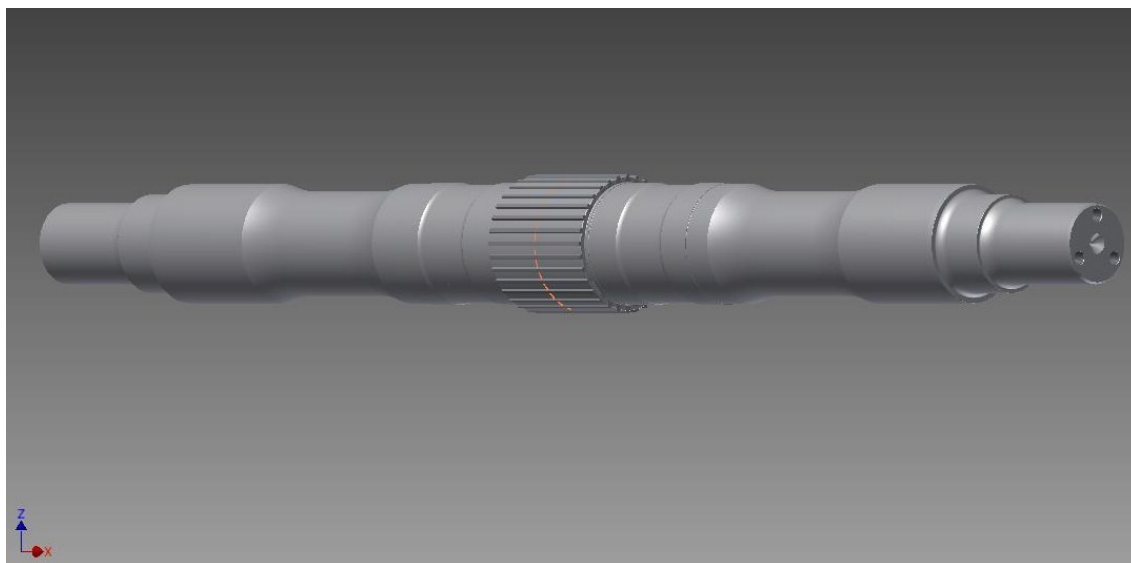
Pak následuje odmaštění před zkouškou MT na neporušenost povrchu nápravy. Hřídel je upnuta a postříkána kapalinou s železným práškem, který zateče do prasklin, a při ultrafialovém záření zviditelní praskliny na hřídeli. Touto metodou zjistíme, zda je náprava porušena na povrchu. Po odzkoušení musí být náprava umyta.



Obr. 26: Porušená hřídel při zkoušce magnetky

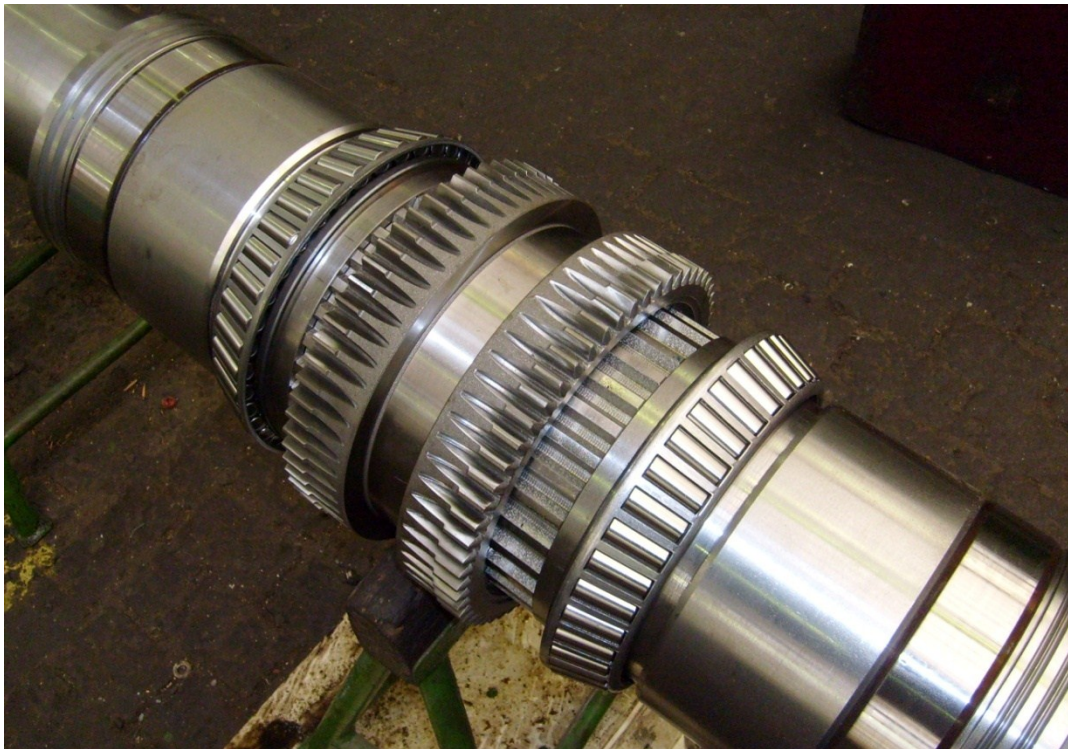
Po zkoušce MT na neporušenost povrchu hnacích náprav následuje vystavení protokolu 3.2 dle normy VDI 95 a přejímka přejímačem ČD, který provede kontrolou rozměrů a dokladů, shodné výrobky označení převzaté nápravy.

Když hnací hřídele projdou všemi těmito operacemi, následuje kompletace mezinápravové převodovky. Kde je zkompletováno celé hnací ústrojí na hnací nápravu. Tyto operace nejsou dále popsány, jelikož je to už jiný pracovní postup a probíhá na jiných pracovištích.



Obr. 27: Celkový tvar hnací hřídele vytvořený v programu INVENTOR





Obr. 28: Kompletace mezinápravové převodovky



Obr. 29: Mezinápravová převodovka po kompletaci



Po kompletaci mezinápravové převodovky následuje nalisování dvojkolí, které se lisují na lisu na dvojkolí pod stanoveným tlakem. Po lisování následuje obrobení nákolku na předpisem stanovený tvar.

Typ vozu 814	Lisovací síly v kN		
	min.	max.	
	652	978	při mazání lněným nebo řepkovým olejem
	489	897	při mazání lojem
	570	937	při mazání směsí olej a loj 1:1
	570	897	při mazání MOS2

Tlaky pro nalisování dvojkolí jsou stanovené předpisem ČD.

#### 4.4 Stávající technologie výroby náprav

Je potřeba brát v úvahu také návrh stroje, který by byl schopen zvládnout výrobu složitějších součástí, a hlavně schopen vytvořit více operací. Takový stroj by měl umět nejen obrobit hnací hřídel, ale vytvořit také případné drážkování vybavenou frézovací hlavou pro frézování. Stroj ušetří podniku spoustu času, kdy nemusí vyvážet výrobky do kooperací. Správný stroj je dobrá volba pro podnik.

Ve firmě Pars nova a.s. se používá obráběcí stroj od firmy Tajmac pro obrábění hnacích náprav. Tento stroj nemůže provádět drážkování, není vybaven frézovací hlavou. Drážkování musí být prováděno v jiné firmě.

#### 4.4.1 Obráběcí stroj ve firmě Pars, nova a.s.

CNC soustružnické centrum pro obrábění velkých, dlouhých hřídelí od firmy Tajmac. Toto soustružnické centrum se používá ve firmě Pars, nova a.s. pro obrábění hnacích náprav. V tabulce jsou uvedeny technické parametry stroje. [9]



Obr. 30 : Soustružnické centrum od firmy Tajmac. [10]

Pracovní rozsah	
Max. průměr tyče	80 [mm]
Max. průměr obrábění	615 [mm]
Max. délka obrábění	2 500 [mm]
Max. oběžný průměr	635 [mm]
Počet vřeten	1
Počet nástrojových hlav	1
Hlavní vřeteno	
Max. otáčky vřetena	3 200 [min <sup>-1</sup> ]
Výkon hlavního motoru	42 [kW]

Obr. 31: Parametry stroje. [10]

#### 4.4.2 Návrh progresivní technologie obrábění náprav

Stroj společnosti Kovosvit MAS pro soustružení náprav SPU 40 CNC/2+2 /2500.



Obr. 32: Obráběcí stroj od firmy Kovosvit MAS. [12]

Technické údaje stroje:

		SPH 50	SPH 50 D
Počet lineárně řízených os		5 (2+2+1)	
CNC řídicí systém		Siemens 840 D	
Pracovní rozsah			
Oběžný průměr nad ložem	mm	760	
Oběžný průměr nad ložem - option	mm	910	-
Max. průměr soustružení pravým/levým suportem	mm	530/530	530/400
Max. délka soustružení	mm	3 000	2 800
Pracovní vřeteno			
Výkon motoru S1	kW	100	60
Krouticí moment na vřetenu S1	Nm	4 400	1 700
Rozsah otáček vřetena	min <sup>-1</sup>	20 až 2 100	20 až 2 800
Rozměry stroje: L x Š x V (včetně dopravníku třísek)	mm	8 100 x 3 435 x 2 286	8 124 x 3 435 x 2 230
Hmotnost stroje	kg	cca 27 000	cca 26 000

Obr. 33: Parametry stroje. [12]





Tento stroj je možno využít pro všechny součásti vyžadující přesnou, avšak snadnou montáž a demontáž (hřídele, osy, nápravy, plochy dosedu ložisek atd.). Tyto CNC stroje od společnosti kovosvit MAS pro obrábění velkých hřídel používá např. firma Bonatrans. Tyto stroje jsou schopny při velkém obvodovém házení výkovků během soustružení místy odebírat třísku až 18 mm, což bez problému stroj zvládne díky velkému výkonu 100 kW. Ke stroji jsou dodávány velké přídavné nádrže, které zabezpečují ochlazení vysoce ohřáté řezné kapaliny. Hrubovací stroje jsou osazeny dvěma osmi - polohovými nástrojovými hlavami s přímým upnutím nástroje, které jsou schopné obrábět hřídel nápravy, souměrně proti sobě, tím dochází k eliminaci tlaků při obrábění minimalizaci deformace. Obráběcí čas standardních běžných náprav je cca. 12 minut bez upnutí. [12]

Při volbě a nakupování stroje je potřeba vědět všechna potřebná data a technické údaje, které by měl stroj splňovat, aby soustružení, frézování, vrtání na tomto stroji bylo úspěšné.

#### 4.5 Porovnání obráběcích center

Srovnání soustružnických center od firmy Tajmac (používaný ve firmě Pars, nova a.s.), a firmi Kovosvit MAS (používaný ve firmě Bonatrans).

	Cena stroje v Kč.
Kovosvit MAS	3 892 000 Kč
Tajmac	3 658 000 Kč
Cenový rozdíl	234 000 Kč

- Prováděné operace na CNC stroji od firmy Tajmac ve firmě Pars, nova a.s. dle výrobní průvodky:

1 kus hnací nápravy (hrubování + soustružení) dle operačního času 920 min.(15 hod.).

- Prováděné operace na CNC stroji od firmy Kovosvit MAS ve firmě Bonatrans:

1 kus běžné nápravy je obroben za 12 minut.

- Roční výroba hnacích hřídel ve firmě Pars, nova a.s. je 40 ks.
- Hodinová sazba ve firmě Pars, nova a.s. je 594 Kč.

Obráběcí stroj	Obrobené kusy	Čas obrábění	Hodinová sazba 594 Kč
Obráběcí centrum Tajmac	1 ks	15 hod	
	40 ks	600 hod	356 400 Kč

## 5. Diskuze experimentálních prací.

Po návštěvě ve firmě Pars, nova a.s. a konzultaci ve výrobním středisku s technologem a soustružníkem bylo zjištěno, že hnací hřídel z materiálu 15 230.9 byla obráběna břitovou destičkou typu WNMG080408E-R ;6630. Tato zvolená břitová destička pro obrábění měla životnost a požadovanou řezivost jen na obrábění půlky hřídele (délky 1063mm). Při otáčení hřídele se musela také otáčet destička na novou řeznou hranu.



Obr. 34: Původní řezné destičky pro obrábění od firmy Pramet Tools s.r.o. [9]



Obr. 35: Parametry původní řezné destičky [9]

Při konzultaci s technikem ve firmě Pramet Tools s.r.o. bylo navrženo více druhů řezných destiček, ale jen jedna byla přínosem pro firmu Pars, nova a.s. Při experimentálním pokusu destička typu WNMG 080412E-RM ;9230, při zvýšení řezné rychlosti, zrychlení posuvu a úběru větší třísky tato destička obstála.



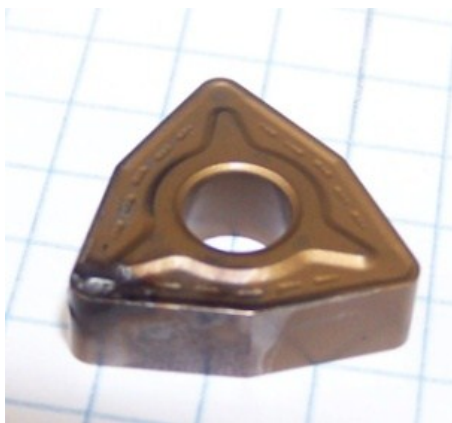


WNMG 080412E-RM ;9230					
80013060					
2176350 2411		QTY 10			
	STEEL	STAINLESS	CAST IRON	NON-FERROUS	SUPERALLOYS
GROUP	P10 - P35	M10 - M30	K15 - K30	—	S15 - S25
$v_c$ (m/min)	300-185	180-110	285-175	—	90-35
$f$ (mm/rev)	0,25-0,70	0,25-0,53	0,25-0,70	—	0,25-0,42
$a_p$ (mm)	1,5-5,0	1,5-3,8	1,5-5,0	—	1,5-3,0
					HARD MATERIAL

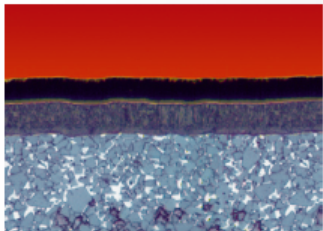
Obr. 36: Parametry nově navržené řezné destičky [9]

Při obrábění touto destičkou bylo dosaženo maximálního použití a životnosti, kdy jedna hrana byla schopna obrobít až tři hřídele. Její řezná hrana byla porušena opotřebením hřbetu na konci obrábění posledního obrobku.

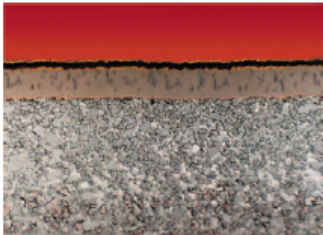
Důvodem takové výdrže byla pevnost destičky a její povlakování. Při srovnání řezných destiček je na obrázcích vidět, že mají rozdílnou hloubku řezu, posuv, řeznou rychlost obrábění. Na dalších obrázcích uvedených níže je vidět, že je jiné i povlakování těchto řezných nástrojů.



Obr. 37: Nová řezná destička po obrábění

9230					10	20	30	40	P	M	K	N	S	H	popis materiálu	
																<ul style="list-style-type: none"><li>- nejuniverzálnější materiál nové generace - řady 9000</li><li>- funkčně gradientní substrát</li><li>- moderní středně silný speciální MTCVD povlak</li><li>- speciální úprava po povlaku</li><li>- dokončovací až hrubovací soustružení</li><li>- obrábění materiálů skupin P, M dále K a podmíněně aplikovatelný i pro skupinu S</li><li>- střední a vyšší řezné rychlosti</li><li>- kontinuální i přerušovaný řez</li></ul>

Obr. 38: Povlak nové řezné destičky z katalogu firmy Pramet Tools s.r.o [9]

6630	10	20	30	40	P	M	K	N	S	H	popis materiálu
											<ul style="list-style-type: none"><li>- nejuniverzálnější materiál řady 6000</li><li>- funkčně gradientní substrát</li><li>- střední povlak s nosnou vrstvou TiCN nanesený metodou MTCVD</li><li>- dokončovací až hrubovací soustružení</li><li>- obrábění materiálů skupin P, M dále K a podmíněně aplikovatelný i pro sk. S</li><li>- střední a podmíněně vyšší řezné rychlosti</li><li>- kontinuální i přerušovaný řez</li></ul>

■ - hlavní oblast použití / hlavná oblasť použitia

▣ - další použití / ďalšie použitie

□ - podmíněné použití / podmienené použitie

Obr. 39: Povlak původní řezné destičky z katalogu firmy Pramet Tools s.r.o [9]

Na obrázcích z katalogu firmy Pramet Tools s.r.o. je značně vidět, že složení povlaku je rozdílné a řezné destičky typu 9230 mají povlak lepší a pevnější, proto při obrábění obstály téměř pětinasobkem oproti původním řezným destičkám.



## 6. Technicko – ekonomické zhodnocení

Pro obrábění hnací hřídele nejvíce vyhovovala od výrobce řezných destiček Pramet Tools s.r.o. (dle tabulek a parametrů pro obrábění) řezná destička typu WNMG 080412E-RM ;9230. Obráběním touto břitovou destičkou vznikla úspora řezných destiček a zkrátil se výrobní čas. Oproti původní destičce, která řeznou hranou obrobila půlku nápravy a musela se otáčet na novou řeznou hranu, tato destička vydržela obrábět tři celé nápravy jednou řeznou hranou. Zvýšením řezné rychlosti a posuvu se zkrátil čas obrábění a ušetřil se počet použitých destiček.

Původní řezná destička typu WNMG080408E-R ;6630 všemi šesti hranami obrobila vždy půl hřídele, čili tři celé hřídele.

Navrhnutá řezná destička typu WNMG 080412E-RM ;9230 obrobila jednou řeznou hranou tři celé hřídele, čili šesti řeznými hranami obrobila celkem osmnáct hřidelí.

Firma Pramet uvádí tyto ceny jednoho balení na trh.

Typy destiček	Cena za kus
WNMG080408E-R ;6630	199 Kč
WNMG 080412E-RM ;9230	215 Kč

Počet obrobených hřidelí destičkami z jednoho balení

Typy destiček	Počet destiček v balení	Počet obrobených hřidelí těmito destičkami
WNMG080408E-R ;6630	10	30
WNMG 080412E-RM ;9230	10	180

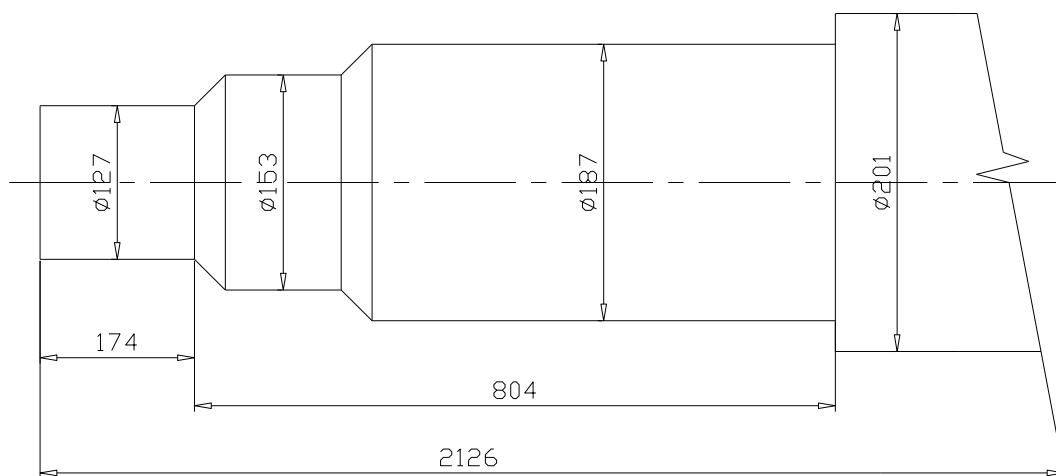


## 6.1 Časové porovnání břitových destiček při obrábění

1) Získání jednotkového času při obrábění poloviny hnací nápravy původní destičkou WNMG080408E-R ;6630:

$$T_{AS} = \frac{L}{n \cdot f}$$

Obr. 40: Výpočet jednotkového času [8]



Obr. 41: Schéma hnací hřídele vytvořené v programu AutoCad 2008

Výpočet času:

$$T_{AS1} = \frac{L}{n \cdot f} = \frac{2126}{150 \cdot 0,3} = \frac{2126}{45} = 47,2 \text{ min.}$$

$$T_{AS2} = \frac{L}{n \cdot f} = \frac{2126}{180 \cdot 0,3} = \frac{2126}{54} = 39,3 \text{ min.}$$

$$T_{AS3} = \frac{L}{n \cdot f} = \frac{2126}{200 \cdot 0,3} = \frac{2126}{60} = 35,4 \text{ min.}$$

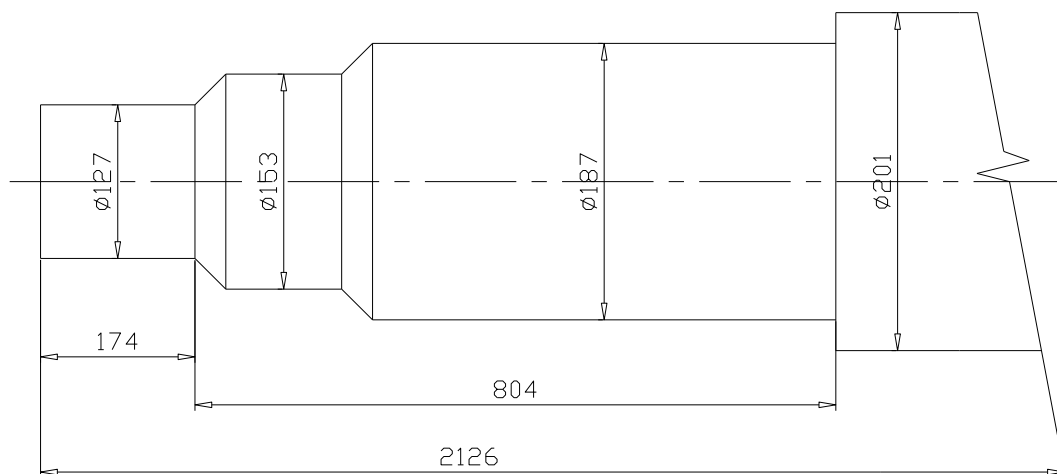
$$T_{Celkove} = T_{AS1} + T_{AS2} + T_{AS3}$$

$$T_{Celkove} = 47,2 + 39,3 + 35,4$$

$$T_{Celkove} = 121,9 \text{ min.} \Rightarrow 122 \text{ min.}$$



2) Získání jednotkového času, při obrábění poloviny hnací nápravy, původní destičkou WNMG 080412E-RM ;9230:



Obr. 42: Schéma hnací hřídele vytvořené v programu AutoCad 2008

Výpočet času:

$$T_{AS1} = \frac{L}{n \cdot f} = \frac{2126}{180 \cdot 0,4} = \frac{2126}{72} = 29,5 \text{ min.}$$

$$T_{AS2} = \frac{L}{n \cdot f} = \frac{2126}{180 \cdot 0,4} = \frac{2126}{72} = 29,5 \text{ min.}$$

$$T_{AS3} = \frac{L}{n \cdot f} = \frac{2126}{200 \cdot 0,4} = \frac{2126}{80} = 26,5 \text{ min.}$$

$$T_{Celkove} = T_{AS1} + T_{AS2} + T_{AS3}$$

$$T_{Celkove} = 29,4 + 29,4 + 26,5$$

$$T_{Celkove} = 85,5 \text{ min.} \Rightarrow 86 \text{ min.}$$

Při obrábění hnací nápravy původní destičkou typu WNMG080408E-R ;6630 byla doba obrábění 122 minut. Obráběním novou destičkou typu WNMG 080412E-RM ;9230 byla doba obrábění 86 minut. Při obrábění novou destičkou je délka obrábění o 36 minut kratší.



Při obrábění hnací nápravy původní destičkou, byla doba obrábění 122 minut. Při vynásobení hodinovou sazbou (594 Kč), dostaneme částku za dobu obrábění. Novou destičkou se obrobilo za 86 minut. Při vynásobení hodinovou sazbou dostaneme částku za dobu obrábění. V tabulce je uvedena úspora, která činí 36 min = 168 Kč.

Obrobení 1 kusu hřídele	Čas obrábění	Hod. sazba (594) Kč
Původní destička	122 min (2hod)	1 188 Kč
Nová destička	86 min (1,43hod)	1 020 Kč
Úspora	36 min	168 Kč

Obrobení 40 kusů hnacích náprav ve firmě Pars, nova a.s. za rok původní destičkou činí 80 hod. Vynásobením hodinovou sazbou částka činí 47 520 Kč. Při obrobení 40 kusů novou destičkou je doba trvání 69 hod vynásobením hodinovou sazbou částka činí 40 986 Kč. V tabulce je uvedena úspora, která činí 11 hod = 6 534 Kč.

Obrobení 40 kusů hřídelí	Čas obrábění	Hod. sazba (594) Kč
Původní destička	80 hod	47 520 Kč
Nová destička	69 hod	40 986 Kč
Úspora	11 hod	6 534 Kč

V tabulce je uvedený uspořený čas při obrábění 1 kusu hřídele a uspoření v Kč. Dále je uveden uspořený čas 40 kusů a ušetřená částka.

Uspořený čas u 1 kusu hřídele	36 min	356 Kč
Uspořený čas u 40 kusů hřídelí	1440 min	14 256 Kč



Příklad:

Kolik je potřeba řezných destiček při obrábění 300 hřídelí a jaká bude cena?

1 destička typu WNMG080408E-R ;6630 – obrobí 3 celé hřídele

Počet destiček	Počet obrobených hřídelí	Cena za destičky
1 destička	3 hřídele	19,9 Kč
10 destiček	10 x 3 = 30 hřídelí	199 Kč
100 destiček = 10 balení	100 x 3 = 300 hřídelí	1990 Kč

1 destička typu WNMG 080412E-RM ;9230 – obrobí 18 hřídelí

Počet destiček	Počet obrobených hřídelí	Cena za destičky
1 destička	18 hřídelí	21,5 Kč
10 destiček	10 x 18 = 180 hřídelí	215 Kč
20 destiček = 2 balení	20 x 18 = 360 hřídelí	430 Kč

Rozdíl cen: 1990 Kč – 430 Kč = 1560 Kč

Při obrábění 300 hřídelí břitovou destičkou typu WNMG080408E-R ;6630 bude cena za destičky 1990 Kč a bude potřeba 10 balení (100 destiček). Obráběním břitovou destičkou typu WNMG 080412E-RM ;9230 bude cena 430 Kč a potřeba 2 balení (20 destiček, tři destičky ještě zbydou). Při srovnání lze vidět, že by firma ušetřila 1560 Kč a 80 řezných destiček.





## 7. Závěr.

Celkové hodnocení výroby hnacích hřídel pro železniční motorový vůz řady 814 (regionova), které bylo vypracováno pro firmu Pars, nova a.s. na zkrácení výrobního času pro obrábění hnacích hřídel:

Při obrábění 300 hnacích hřídelí původní řeznou destičkou je spotřeba 100 destiček, čili 10 balení a cena je 1990 Kč. A obrábění novou řeznou destičkou na 300 hnacích hřídelí je potřeba jen 20 destiček, čili 2 balení a cena je 430 Kč. Ušetřená suma novými destičkami je 1560 Kč.

Čas obrábění jedné hnací hřídele ve firmě Pars, nova a.s. původním strojem TCH 500 PRIME 80-2500 je 15 hodin.

- 1) Podmínky, které mohou být ovlivněny (obrábění řeznými destičkami)
- 2) Podmínky, které nemohou být ovlivněny (volba nového stroje)

- 1) Při použití nových řezných destiček typu WNMG 080412E-RM ;9230 se sníží zakoupený počet řezných destiček, zvýší se řezná rychlost, posuv a úběr větší třísky. Uspoří se cena a čas výroby hnací hřídele.

<b>Uspořený čas u 1 kusu hřídele</b>	<b>36 min</b>	<b>356 Kč</b>
<b>Uspořený čas u 40 kusů hřídelí</b>	<b>1440 min</b>	<b>14 256 Kč</b>

- 2) Při koupi nového CNC stroje by měl podnik vždy zvážit jeho koupení z důvodu velké finanční položky. Přesto bych doporučil stroj CNC od společnosti Kovosvit MAS pro obrábění velkých hřídelí. Tento stroj je schopen při velkém obvodovém házení výkovku během soustružení místy odebírat třísku až 18mm. Stroj je osazen osmi polohovatelnými nástrojovými hlavami. Díky tomu zvládne stroj i drážkování a ozubení. Tímto strojem se zvýší několikanásobně produktivita a mohla by se vytvořit návaznost s jinými podniky a provádět pro ně podobnou výrobu.



## Seznam použitých pramenů

- [1] KOCMAN, K.; PROKOP, J. *Technologie obrábění*. 2.vyd. Brno :Akademické nakladatelství CERM, 2005. 270s. ISBN 80-214-3068-0.
- [2] NOVOTNÝ, F., DUDÍK, D., FRANK, A. *Výrobní konstrukce*. Praha, SNTL 1963. 320s. ISBN 04-213-63.
- [3] HLUCHÝ, M.; KOLOUCH, J. *Strojírenská technologie I. I. díl- Nauka o materiálu*. 3. přepracované vyd. Praha :vydala Scientia, spol. s. o. r. pedagogické nakladatelství, 2002. 266s. ISBN 80-7183-262-6.
- [4] HLUCHÝ, M. *Strojírenská technologie I*. Praha, SNTL 1984. 176s. ISBN 04-225-84.
- [5] BOTHE, O. *Strojírenská technologie I*. Praha, SNTL 1986. 176s. ISBN 04-206-86.
- [6] PŘIKRYL, Z.; BARTUŠKA, M.; SKŘIVAN, K. *Technologie obrábění*. Praha , SNTL/SVTL 1967. 448s. ISBN 04-230-67.
- [7] PLUHAŘ, J., KORITTA, J. *Strojírenské materiály*. Praha, SNTL/SVTL 1966. 560s. ISBN 04-254-66.
- [8] BRYCHTA, J.; CEP, R.; SADÍLEK, M.; PETRKOVSKÁ, L.; NOVÁKOVÁ, J. *Nové směry v progresivním obrábění*. Ostrava : VŠB – TU Ostrava, 2007. Dostupné na <http://www.elearn.vsb.cz/archived/FS/NSPO>. ISBN 978–80–248–1505–3.
- [9] <http://www.pramet.com/index9a92.html?menu=sortiment1> (dostupné ke dni 2. 5. 2012)
- [10] <http://www.sst.cz/katalog/product/id/826> (dostupné ke dni 2. 5. 2012)
- [11] <http://www.parsnova.cz/> (dostupné ke dni 2. 5. 2012)
- [12] [http://www.sst.cz/upload/files/MM\\_06\\_07\\_09\\_Kovosvit.pdf](http://www.sst.cz/upload/files/MM_06_07_09_Kovosvit.pdf) (dostupné ke dni 2. 5. 2012)
- [13] NESLUŠAN, M.; TUREK, S.; BRYCHTA, J.; CEP, R.; TABACEK, M. *Experimentálne metódy v trieskovom obrábání*. Žilina : EDIS Žilina, 2007. 343 s. ISBN 978–80–8070–711–8.
- [14] HAVRILA, M.; ZAJAC, J.; BRYCHTA, J.; JURKO, J. *Top trendy v obrábání, I. cast – Obrábené materiály*. Žilina : Media/ST, s.r.o. Žilina, 2006. 205 s. ISBN 80–968954–2–7.
- [15] ZAJAC, J.; JURKO, J.; CEP, R. *Top trendy v obrábání, II. cast – Nástrojové materiály*. Žilina : Media/ST, s.r.o. Žilina, 2006. 193 s. ISBN 80–968954–2–7.
- [16] VASILKO, K.; HAVRILA, M.; MARCINCIN-NOVÁK, J.; MÁDL, J.; ZAJAC, J. *Top trendy v obrábání, III. cast – Technologie obrábění*. Žilina : Media/ST, s.r.o. Žilina, 2006. 214 s. ISBN 80–968954–2–7.



## **Seznam příloh:**

Příloha A List atestu a zkoušení výkovku

Příloha B Průvodka

Příloha C Výkres výkovku

Příloha D Výkres nápravy



## Příloha A

 <b>VÍTKOVICE</b> VÍTKOVICE HEAVY MACHINERY a.s.		<b>1. INSPEKČNÍ CERTIFIKÁT</b> <b>INSPECTION CERTIFICATE</b> EN 10204 - 3.2		Čís. / No. <b>354/340</b>	2. Strana / Page <b>1/1</b>
5. Zákazník / Customer Pars nova a.s.		6. Smlouva č./ Contract No. NO09933-11-ver.1		3. Datum / Date 2012-02-09	4. Přílohy / Attachments 3
10. Výrobce / Manufacturer VÍTKOVICE HEAVY MACHINERY a.s. Ruská 2887/101, Ostrava - Vítkovice 706 02, Czech Republic		7. Zakázka / Shop Order Nr. 1-213-3415-1		8. Stav dodání/As delivered 15230.9	9. Stav zkoušený/AS tested 15230.9
11. Značka výrobce/ Manufacturer's Brand 		12. Výkres č. / Drawing No. 06-11-2-2640		13. Množství / Quantity 12 ks	
15. Znak inspektora RJ /QC Inspector's Stamp 		14. Rozměry / Dimensions dle výkresu			
16. Specifikace ověřované položky / Specification of the certified item <b>NÁPRAVY</b> pol.č. 1 Tavba č. E51671 p.č. 208400 + 208411 zk.č. 354					
17. Dodací podmínky / Delivery HŽ 420273-94 ; ŽKV 100-11/455 dle kupní smlouvy					
18. Výsledky - přílohy / Results-Attachments - chem. složení v % : C Mn Si P S Cr V 0,29 0,57 0,22 0,004 0,003 2,31 0,11 - Tvrdost : 2 x 223 HB ; 226, 239 HB ; 2 x 248 HB ; 241, 248 HB ; 2 x 241 HB ; 2 x 248 HB ; 2 x 239 HB ; 2 x 245 HB ; 2 x 248 HB ; - Příloha: 1. Výsledky mechan. zkoušek č. 18938AVHM 2. Výsledky metalografického zkoušení č.P/315/12 3. Zápis o přejímce č.10/12/20 - Záruka na UZ A MG met. dle HŽ 420273-94 - Zboží není kontaminováno radioaktivními nuklidy a hmotnostní aktivita nepřesáhne hodnotu 100Bq/kg.					
19. Zmocněný pracovník řízení jakosti (ŘJ) Tímto potvrzují, že všechny kontroly a zkoušky byly provedeny v souladu se smlouvou a s přesně stanovenými požadavky. Osvědčení udává skutečné vlastnosti dodávaného materiálu a uvedené hodnoty jsou správné a pravdivé. Tímto potvrzují, že hodnoty jsou v souladu s požadavky, specifikovanými smlouvou.		Authorized Quality Control (QC) Representative This is to certify that all required inspections and tests have been performed in accordance with the order and specification requirements. The certificate represents the actual attributes of the material furnished and the values shown are correct and true. I hereby certify that the figures are in accordance with specific contract requirements.			
Obchodník : Ing. Václavíková připravil p. Hýžová		VÍTKOVICE HEAVY MACHINERY a.s. Ruská 2887/101 706 02 Ostrava - Vítkovice p. Vičková 2012-02-09 20 Zmocněný inspektor RJ : jméno , datum , podpis , razítko Authorized QC Inspector - Name, Date, Signature, Stamp			

**Inspekční certifikát č. : 10/12/20**

Abnahmeprüfzeugnis Nr. :

Inspection certificate No.:

Certificat de réception No.:

**ČSN EN 10204 - 3.2**Výrobce-prodávající: Producer-vendor:  
Hersteller-Lieferant: Producteur-vendeur:Kupující: Acheteur:  
Käufer: Purchaser:
**VÍTKOVICE HEAVY MACHINERY a.s.**  
 Ruská 2887/101, Ostrava - Vítkovice  
 706 02 Česká republika

 Pars nova a.s.  
 Žerotínova 1833/56  
 Šumperk 78701  
 Česká republika

Přejímku objednat:

Abnahmebesteller:

Takeover ordered:

Réception est commandée par:

Název a adresa: Name und Adresse: Name and Address: Nom et Adresse:  <b>VÍTKOVICE HEAVY MACHINERY a.s.</b> Ruská 2887/101, Ostrava - Vítkovice 706 02 Česká republika		Evid.č.obj.: <b>12/003</b> Güteprüfantrag: Key number of order: Numéro d'enregistrement de la comande:  DIČ: CZ-25877950 IČ: 25877950 Č.účtu: 106-761 směr.kód 0100	
Přijímaný materiál:		Übernommes Material:	
Kind of material:		Matériel réceptionné:	
Ceník Preis Tarif Price	Kup.smlouva/č.zak. Kaufvertrag Contract No Contrat d'achat	Množství Menge Quantity Quantité	m. j. Mass Unit Unit
H 4.8	NO09933-11-ver.1 1-213-3415-1	12	ks
Název: <b>NÁPRAVA – surový výkovek / p.č.1</b> Tavba: <b>E51671</b> Materiál: <b>15230.9</b> Výkres č.: <b>06-11-2-2640</b> B.š./zk.: <b>208400-208411/ zk. 354</b> HŽ <b>420273</b>			

Doklady o zkouškách - atesty, doklady o zkouškách atd.:

Vorelegte prüfdokumente:

Submitted inspection documents:

Le Documents Présentés d'Essais:

Přílohy:

1. Výsledky mechanických zkoušek č.18938AVHM

Anlagen:

2. Výsledky metalografického zkoušení č.P/315/12

Enclosure:

3. Inspekční certifikát: 354/340

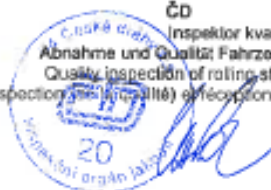
Annexes du procès-verbal

VÍTKOVICE HEAVY MACHINERY a.s.  
 Ruská 2887/101  
 706 02 Ostrava - Vítkovice

Datum :  
Date:**9 -02- 2012**Výrobce: pl.Vítková  
Hersteller:  
Producteur:

ČD

Inspektor kvality:

 Abnahme und Güte: Fahrzeuge und Werkstoffe  
 Quality inspection of rolling stocks and materials  
 Inspection des (qualité) en réception des véhicules (sur rails)




**VÍTKOVICE**

VÍTKOVICE TESTING CENTER s.r.o.  
Pohraniční 684/142  
700 00 Ostrava-Hulvák



Zkušební laboratoř č. 1036 akreditovaná ČIA

**PROTOKOL O ZKOUŠENÍ**

Číslo protokolu	P/315/12
Strana č./ počet stran	1/3

ke zkušebnímu listu č. 354

Zákazník <b>VÍTKOVICE HEAVY MACHINERY a.s.</b> Ruská 2887/101 706 02 Ostrava - Vítkovice		Výrobek <b>Náprava p. č. 1</b>	
Pro: <b>PARS nova a.s.</b>		Rozměry tl. 175 mm	
Zakázka č. 1-213-3415-1		Materiál 15230.9	
Objednávka č. NO09933-11-ver. 1		Tavba č. E 51671	
Doplňující údaje o zkoušeném výrobku Výkres č.: 06-11-2-2640			
Vzorek č. / Datum přijetí 354 / 2012-01-30			
Zkoušky požadované zákazníkem		Zkušební metoda (norma) / Technické podmínky	Použité postupy
Mikrostruktura Velikost zrna		ČSN EN ISO 643	1 2
Postup č.	Pořadové č.	Identifikace zkušební postupu / metody	Zkušební zařízení
1	201	QI - VTC.20 GEN - 0020 Zkoušení mikrostruktury	NK 946.20/006
2	202	QI - VTC.20 GEN - 0021 Stanovení velikosti zrna	NK 946.20/002
Jméno		Podpis	Datum
Zkoušel	Ing. Renáta Gabrielová	<i>Renata Gabrielová</i>	2012-02-02
Kontroloval	Zdeňka Šestáková	<i>Zdeňka Šestáková</i>	2012-02-02
Prohlášení: Dosažené výsledky se týkají pouze zkoušeného předmětu. Protokol je možno reprodukovat pouze celý, jinak jen s písemným souhlasem zkušebny.			





**VÍTKOVICE**  
VÍTKOVICE TESTING CENTER s.r.o.  
Pohraniční 584/142  
709 00 Ostrava-Hulváky

## PROTOKOL O ZKOUŠENÍ

Číslo protokolu	P/315/12
Strana č./ počet stran	2/3

### Mikrostruktura

Mikrostruktura vzorku č. 354 je po naleptání 2%  $\text{HNO}_3$  tvořena bainitem a ojedinělým feritem – obr. 1.


### Velikost austenitického zrna

Velikost austenitického zrna byla stanovena dle ČSN EN ISO 643 metodou srovnávací, při zvětšení 200x.

<u>Vzorek č.</u>	<u>Průměrná vel. aust. zrna G</u>
354	9

2012-02-02  
tel. +420 59595 2518



  
Ing. Zdeněk Štorkán  
vedoucí metalografické zkušebny

**VÍTKOVICE**

VÍTKOVICE TESTING CENTER s.r.o.  
Pohraniční 584/142  
709 00 Ostrava-Hulváky

**PROTOKOL O ZKOUŠENÍ**

Číslo protokolu	P/315/12
Strana č./ počet stran	3/3

Mikrostruktura – vz. č. 354  
lept. 2%  $\text{HNO}_3$

Obr. 1

zv. 500x





## Příloha B

Pars.nova a.s.

Strana 1  
14.11.2011  
09:23:25

Průvodka výrobní zakázky VV0019722 Náprava hnací 812 2/Dv 133-15 č.v.458.0.900.04.928 množství : 8

Výroba ..... VV0019722 Č. položky ... 455000000019-1  
 Dodání ..... 8.10.2011 Název ..... Náprava hnací 812 2/Dv 133-15 č.v.458.0.900.04.928  
 Sklad ..... 20 Množství ..... 8

## MATERIÁL:

Č. položky	Název pol.	Spotřeba	Jednotka	Sklad
161222200018-0	Náprava hnací-výkovek 06-11-2-2640 F.814	8,00	ks	40

## POSTUP:

Číslo operace	Pořádkové číslo	Název	Prac. středisko	Výskyt	Čas přípravný	Čas operační	Čas celkový	Zaměstnanec	datum
10	14.10.2011	Vstupní kontrola	TK-MERIC	1,00		1,00	8,00		
<b>Pozn.</b> Náprava hnací-výkovek 06-11-2-2640 - vstupní kontrola - přejímka výkovek nápravy před hrubováním, rozměrová kontrola. Kontrola úplnosti atestu (číslo tavby,výrobce,chemické složení,mikrografická čistota,obsah vodíku,rozměr,vnitřní čistota,radioaktivita). Kontrola označení rovných výkovek.									
20	15.10.2011	VV - Kooperace 518 - pomocná operace pro VV	KOOP-EX	1,00			0,00		
<b>Pozn.</b> Náprava hnací č.v. 458.0.900.04.928 / 2/Dv 133-15 zkrácení výkovek č.v. 06-11-2-2640, na rozměr 2156 +0,8 +1, navrtání středních důlků 90°, na pr. 28, zhotovení závitových otvorů 3xM206H (střední důlky a závit na obou čelech). Je důležité provést rozměření obrobku, tak aby po navrtání důlků byl rovnoměrně rozložený a dodrženy přídávky pro obrábění. Zarovnání na délku, navrtání a zhotovení závitů M20 provést na obou čelech bez přepínání dílu.									
30	7.11.2011	Mezioperační kontrola	TK-MERIC	1,00		1,00	8,00		
<b>Pozn.</b> Náprava hnací č.v. 458.0.900.04.928 / 2/Dv 133-15 kontrolovat zkrácení výkovek č.v. 06-11-2-2640, na rozměr 2156 +0,8 +1, navrtání středních důlků 90°, na pr. 28, zhotovení závitových otvorů 3xM206H (střední důlky a závit na obou čelech).									
40	29.6.2011	Hřídel hnací č.v. 458.0.900.04.928 / 2/Dv 133-15 hrubovat	OBR-SV	1,00	30,00	860,00	6 910,00		

Pars.nova a.s.

Strana 2  
14.11.2011  
09:23:25

Průvodka výrobní zakázky VV0019722 Náprava hnací 812 2/Dv 133-15 č.v.458.0.900.04.928 množství : 8

<b>Pozn.</b> Hřídel hnací č.v. 458.0.900.04.928 / 2/Dv 133-15 výkovek hrubovat, s min. přídávkem 5mm, do odstranění házivosti. Začistit a zregulovat délku. Označit pořadovým číslem. Vyznačit označení na čela dle technických podmínek a čísla výkresu.									
				Deník: DV0098513					
50	10.10.2011	Defekt.kontrola součástek metodou ultrazvuk. a magnet.	TK-DEF	1,00		60,00	480,00		
<b>Pozn.</b> Hřídel hnací č.v. 458.0.900.04.928 / 2/Dv 133-15 - zkouška proslupnosti ultrazvuku v axiálním a v radiálním směru, Odmaštění nápravy před MT zkouška MT na neporušenost povrchu nápravy									
				Deník: DV0107453					
60	12.8.2011	Hřídel hnací č.v. 458.0.900.04.928 / 2/Dv 133-15 hrubovat na CNC	OBR-CNCV	1,00	180,00	430,00	3 620,00		
<b>Pozn.</b> Hřídel hnací č.v. 458.0.900.04.928 / 2/Dv 133-15 soustružit průměr 198,8h10 s přídávkem 0,5mm, ostatní s přídávkem 2mm a délkové rozměry s přídávkem 0,2mm. Přenést a vyznačit evidenční číslo tavby a pořadové číslo nápravy na čelo díle dle technické dokumentace									
				Deník: DV0099157					
70	14.10.2011	VV - Kooperace 518 - pomocná operace pro VV	KOOP-EX	1,00			0,00		
<b>Pozn.</b> Hřídel hnací č.v. 458.0.900.04.928 / 2/Dv 133-15 evoluční drážkování									
				Deník:					
80	3.11.2011	Mezioperační kontrola	TK-VKVAZ	1,00		1,00	8,00		




Pars nova a.s.

Průvodka výrobní zakázky VV0019722 Náprava hnací 812 2/Dv 133-15 č.v.458.0.900.04.928

množství : 8

Strana 3  
14.11.2011  
09:23:25

Pozn.		Hřídel hnací č.v. č.v. 458.0.900.04.928 / 2/Dv 133-15 kontrolovat evolventní drážkování		Deník:				
Číslo operace	Pořádkové číslo	Název	Prac. středisko	Výskyt	Čas přípravný	Operační čas	Celkový čas [min]	Zaměstnanec, datum
90	15.9.2011	Hřídel hnací č.v. č.v. 458.0.900.04.928 / 2/Dv 133-15 soustružit na CNC	OBR-CNCV	1,00	360,00	490,00	4 280,00	
Pozn.		Hřídel hnací č.v. č.v. 458.0.900.04.928 / 2/Dv 133-15 soustružit s přídávkem 0.3mm pro změření házivosti. Při házivosti do 0,01mm dokončit.		Deník: DV0100039				
		Při házivosti od 0,01 - 0,03 ponechat přídavek pro brus, před odepnutím dílce změřit házivost a zapsat do protokolu (první kus ve spolupráci s OTK)						
		Odjehlit evolventní drážkování.						

Číslo operace	Pořádkové číslo	Název	Prac. středisko	Výskyt	Čas přípravný	Operační čas	Celkový čas [min]	Zaměstnanec, datum
100	14.10.2011	Hřídel hnací č.v. č.v. 458.0.900.04.928 / 2/Dv 133-15 povrch brousit	OBR-BRKV	1,00	25,00	360,00	2 905,00	
Pozn.		Deník:						

Číslo operace	Pořádkové číslo	Název	Prac. středisko	Výskyt	Čas přípravný	Operační čas	Celkový čas [min]	Zaměstnanec, datum
110	26.10.2011	Kontrola novovyroby	TK-MERIC	1,00		1,00	8,00	
Pozn.		Deník:						
Hřídel hnací č.v. č.v. 458.0.900.04.928 / 2/Dv 133-15 výstupní protokolární kontrola TK								

Číslo operace	Pořádkové číslo	Název	Prac. středisko	Výskyt	Čas přípravný	Operační čas	Celkový čas [min]	Zaměstnanec, datum
120	24.10.2011	Defekt.kontrola součástek metodou ultrazvuk. a magnet.	TK-DEF	1,00		60,00	480,00	

Pars nova a.s.

Průvodka výrobní zakázky VV0019722 Náprava hnací 812 2/Dv 133-15 č.v.458.0.900.04.928

množství : 8

Strana 4  
14.11.2011  
09:23:25

Pozn.		Deník:	
Hřídel hnací č.v. č.v. 458.0.900.04.928 / 2/Dv 133-15 - zkouška prostupnosti ultrazvuku v axiálním a v radiálním směru, Odmaštění nápravy před MT zkouška MT na neporušenost povrchu nápravy		Deník: DV0107453	

